

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Příprava projektu fotovoltaické
elektrárny pro stavební řízení
Building licencing of photovoltaic power
plant project

2011

Jakub Vilkus

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Jakub Vilkus

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907T001 Elektroenergetika

Téma:

Příprava projektu fotovoltaické elektrárny pro stavební řízení.
Building licencing of photovoltaic power plant project.

Zásady pro vypracování:

Fotovoltaické elektrárny, princip funkce, používané články, historie.
Platná legislativa v oblasti výstavby a provozu FV elektrárny.
Podklady pro projekt elektrárny nutné pro realizaci stavebního řízení.
Vytvoření vzorové dokumentace pro FV elektrárnu.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího diplomové práce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Bernat, Ph.D.**

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 06.05.2011

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....
Jakub Vilkus

V Ostravě - Porubě dne 6. května 2011

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mne podporovali nejen při psaní této diplomové práce, ale také během celého studia. Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Petru Bernatovi, PhD., za cenné rady, konzultace, připomínky spojené s vypracováním mého úkolu a za jeho vstřícnost řešit mé dotazy, nápady a úvahy. Mé poděkování patří také panu Romanu Piskalovi, který mi umožnil vypracovávat skutečné úlohy v praxi. Závěrem bych rád poděkoval za vše mé matce Janě, otci Petrovi †13. 01. 2005 a bratru Janovi za věčné elektrotechnické debaty.

Anotace

Zadáním této diplomové práce je příprava projektu fotovoltaické elektrárny ke stavebnímu řízení. V první části této diplomové práce jsou popsány fotovoltaické elektrárny jako celky a zejména jejich princip a popis funkce, historie a používané fotovoltaické články v běžné praxi.

Druhá část této diplomové práce je zaměřena na platnou legislativu při výstavbě a provozování fotovoltaických elektráren. Také jsou zde uvedeny postupy a podklady nutné ke stavebnímu řízení.

Poslední část se zabývá návrhem fotovoltaické elektrárny na konkrétní stavbě a vytvoření vzorové projektové dokumentace, jejíž součástí jsou také podklady a dokumenty nutné pro vlastní realizaci fotovoltaické elektrárny. Jedná se zde zejména o získání licence na výrobu elektrické energie od Energetického a regulačního úřadu a připojení fotovoltaické elektrárny k distribuční síti poskytovatele distribuční sítě daného umístěním výroby elektrické energie.

Klíčová slova

fotovoltaická elektrárna, licence na výrobu elektrické energie, PVGIS, připojení k distribuční síti, obnovitelné zdroje energie

The Abstract

By entering this thesis is the building licencing of photovoltaic power plant project. In the first part of this thesis describes the photovoltaic power plant as a whole and in particular them: the principle and description, history, and photovoltaic cells used in current practice. The second part of this thesis is focused on current legislation in the construction and operation of photovoltaic power plants. Also, there are procedures and materials necessary for building control.

The last part deals with photovoltaic power plant construction and the creation of specific standard project documentation, which also includes materials and documents necessary for the realization of photovoltaic power. It is here in particular to obtain a license to produce electricity from the Energy Regulatory Authority and connection of photovoltaic power plants to the distribution network providers for the distribution network of the location of generating electricity.

Keywords

photovoltaic power plant, license to produce electricity, PVGIS, grid connection, renewable energy

Seznam použitých zkratk a symbolů nevysvětlených v textu:

A	ampér - jednotka elektrického proudu
AC	angl. alternating current - střídavý proud
AM	angl. air mass - tloušťka atmosféry
C (F)	elektrická kapacita
CE	fr. Conformité Européenne - evropská shoda
CM-SAF	angl. the satellite application facility on climate monitoring - nástroj satelitní aplikace pro sledování klimatu
Cs	angl. crystalline silicon - krystalický křemík
CSI	Canadian Solar Inc.
ČEZ	české energetické závody
ČR	Česká republika
DC	angl. direct current - stejnosměrný proud
DS	distribuční soustava
E (J)	veličina energie
E	angl. east - východ
E_d	denní vyrobená elektrická energie fotovoltaickou elektrárnou
E_m	měsíční vyrobená elektrická energie fotovoltaickou elektrárnou
ErÚ	Energetický regulační úřad
ES	Elektrizační soustava
EZ	Energetický zákon
F	farad - jednotka elektrické kapacity
FO	fyzická osoba
FV	fotovoltaické/ý
FVE	fotovoltaická elektrárna
FVS	fotovoltaický systém
HDO	hromadné dálkové ovládání
HVI	angl. high voltage isolation - vysokonapěťová izolace
Hz	hertz - jednotka frekvence
I (A)	veličina elektrického proudu
IP	angl. ingress protection - stupeň krytí udávající odolnost elektrospotřebiče
IEC	angl. international electrotechnical commission - mezinárodní elektrotechnická komise
J	joule - jednotka práce a energie
K	stupeň kelvina - jednotka teploty
L (m)	jednoduchá délka vedení
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
LPL, LPS	angl. lighting protection level, system - hladina, systém ochrany před bleskem
MPO	ministerstvo průmyslu a obchodu

MPPT	angl. maximum power point tracker - bod maximálního výkonu trackru střídače
N	angl. north - sever
OUTD	angl. outdoor - pro venkovní použití
OZE	obnovitelné zdroje energie
Pa	pascal - jednotka tlaku
PPES	podmínky připojení k elektrizační soustavě
PDS	provozovatel distribuční soustavy
PPDS	pravidla provozování distribuční soustavy
PVGIS	angl. photovoltaic geographical information system - FV geografický informační systém
RAC	rozvodnice střídavého obvodu
RDC	rozvodnice stejnosměrného obvodu
$S \text{ (mm}^2\text{)}$	průřez vedení
STC	angl. standard test conditions - standardní zkušební podmínky
STR	rozvodnice stringů stejnosměrného obvodu
SZ	Stavební zákon
TÜV	něm. Technischer Überwachungsverein - technická rada pro kontrolu
$U \text{ (V)}$	veličina elektrického napětí
UV	angl. ultraviolet - ultrafialové
$U_0 \text{ (V)}$	napětí mezi fází a nulovým bodem - fázové napětí
V	volt - jednotka elektrického napětí
°C	stupeň Celsia - jednotka teploty
Ω	ohm - jednotka elektrického odporu
$\Delta U \text{ (V)}$	úbytek napětí
eV	elektronvolt - jednotka práce a energie
W	watt - jednotka elektrického výkonu
Wp	watt-peak - špičková hodnota elektrického výkonu při STC ($E = 1 \text{ kW.m}^{-2}$; AM = 1,5 $T_{\text{FV článků}} = 25^\circ\text{C}$)
W.h	watthodina - jednotka elektrické energie
W.m^{-2}	watt na metr čtvereční - jednotka energetické hustoty
b	součinitel pro trojfázové obvody roven 1 a pro jednofázové obvody roven 2
m	metr - jednotka délky
m^2	metr čtvereční - jednotka obsahu
nn	nízké napětí
°	stupeň - jednotka velikosti úhlu
$\lambda \text{ (}\Omega\text{.m}^{-1}\text{)}$	podélná reaktance vodičů
$\rho \text{ (}\Omega\text{.mm}^{-2}\text{.m}^{-1}\text{)}$	rezistivita vodičů při normálním provozu
$\Delta u \text{ (%)}$	poměrný úbytek napětí

1. ÚVODEM.....	10
2. FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	10
2.1 SLUNCE JAKO ČISTÝ ZDROJ ENERGIE	13
2.2 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ NA ZEMI.....	15
2.3 FOTOVOLTAICKÝ GEOGRAFICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM PVGIS	16
2.4 VLIV ATMOSFÉRY NA SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ	18
2.5 MĚŘENÍ DOPADAJÍCÍHO SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ	19
2.6 ZÁKLADNÍ TYPY FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ	20
2.6.1 PRVNÍ GENERACE.....	20
2.6.2 DRUHÁ GENERACE	20
2.6.3 TŘETÍ GENERACE	20
2.6.4 ČTVRTÁ GENERACE.....	20
2.7 FYZIKÁLNÍ PRINCIP POLOVODIČOVÉHO FOTOVOLTAICKÉHO ČLÁNKU	21
2.8 FOTOVOLTAICKÉ PANELY.....	24
2.9 SYSTÉMY POUŽÍVANÉ BĚŽNĚ V PRAXI.....	25
2.9.1 OSTROVNÍ SYSTÉMY	25
2.9.2 SYSTÉMY S AKUMULACÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE.....	26
2.9.3 HYBRIDNÍ OSTROVNÍ SYSTÉMY	27
2.9.4 KAPESNÍ APLIKACE	27
2.9.5 SYSTÉMY PŘIPOJENÉ NA SÍŤ	28
3. PLATNÁ LEGISLATIVA V OBLASTI VÝSTAVBY A PROVOZU FV ELEKTRÁRNY	29
3.1 DEFINICE HLAVNÍCH ZÁSAD PRO VÝSTAVBU A PROVOZ FVE	29
3.2 STAVEBNÍ ZÁKON	30
3.2.1 ROZHODNUTÍ O ZMĚNĚ STAVBY A O ZMĚNĚ VLIVU STAVBY NA VYUŽITÍ ÚZEMÍ	30
3.2.2 POSUZOVÁNÍ VLIVŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ V ÚZEMNÍM ŘÍZENÍ.....	30
3.2.3 STAVBY, TERÉNNÍ ÚPRAVY, ZAŘÍZENÍ NEVYŽADUJÍCÍ STAVEBNÍ POVOLENÍ ANI OHLÁŠENÍ.....	30
3.3 ENERGETICKÝ ZÁKON.....	31
3.3.1 PODMÍNKY PODNIKÁNÍ A VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY V ENERGETICKÝCH ODVĚTVÍCH - OBECNÁ ČÁST	31
3.3.2 ZVLÁŠTNÍ ČÁST - ELEKTROENERGETIKA	34
3.4 ZÁKON O PODPOŘE VYUŽÍVÁNÍ OZE.....	36
3.4.1 PODPORA VÝROBY ELEKTŘINY Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE - OBECNÁ USTANOVENÍ	36
3.4.2 ODVOD Z ELEKTŘINY ZE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ.....	38
3.5 PODMÍNKY PŘIPOJENÍ K ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVĚ	38
3.6 CENOVÉ ROZHODNUTÍ ERŮ	40
4. PODKLADY PRO PROJEKT NUTNÉ KE STAVEBNÍMU ŘÍZENÍ.....	41
4.1 FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM VE VAZBĚ NA STAVEBNÍ ZÁKON A SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY	41
4.2 Z HLEDISKA UMÍSTĚNÍ A POVOLENÍ MOHOU NASTAT TYTO PŘÍPADY	41
4.3 FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	41
4.4 UMISŤOVÁNÍ, POVOLOVÁNÍ A UŽÍVÁNÍ FV SYSTÉMŮ	42
5. VYTVOŘENÍ VZOROVÉ DOKUMENTACE PRO FV ELEKTRÁRNU	45
5.1 PŘEDPROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA	45
5.1.1 INVESTIČNÍ ZÁMĚR	45
5.1.2 STUDIE STAVBY	46
5.2 PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA	50
5.2.1 STANOVENÍ TYPU FV MODULŮ	50
5.2.2 ODHAD DIMENZOVÁNÍ PLOCHY FV GENERÁTORU, PŘÍBLIŽNÉ URČENÍ VÝKONU	51
5.2.3 STANOVENÍ KONCEPCE FV SYSTÉMU A POČTU STRÍDAČŮ	52

5.2.4	VOLBA UMÍSTĚNÍ A DIMENZOVÁNÍ STŘÍDAČŮ	52
5.2.5	KONFIGURACE STŘÍDAČE AURORA	55
5.2.6	NÁVRH BLOKOVÉHO SCHÉMA FVS	58
5.2.7	MÍSTO STANOVIŠTĚ FV GENERÁTORU, ROZVODNIC, STŘÍDAČŮ, VEDENÍ KABELŮ A VODIČŮ, HLAVNÍHO A ELEKTROMĚROVÉHO ROZVADĚČE A MÍSTA PŘIPOJENÍ K SÍTI	59
5.2.8	NÁVRH NOSNÉ KONSTRUKCE	60
5.2.9	KONTROLA JÍMACÍ SOUSTAVY	61
5.2.10	STATICKÝ POSUDEK STŘEŠNÍCH PROSTORŮ	61
5.2.11	STATICKÝ VÝPOČET	62
5.2.12	DIMENZOVÁNÍ STEJNOSMĚRNÝCH, STŘÍDAVÝCH VODIČŮ A NÁVRH JISTÍCÍCH PRVKŮ FVS	63
5.2.13	VOLBA A DIMENZOVÁNÍ OCHRANY PŘED BLESKEM, UZEMNĚNÍ A OCHRANY PROTI PŘEPĚTÍ	74
5.2.14	VYHOTOVENÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE	80
5.3	PŘIPOJENÍ VÝROBNY K DISTRIBUČNÍ SÍTI	80
5.3.1	STANOVISKO K ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ K DS ČEZ DISTRIBUCE, A.S.	80
5.3.2	REALIZACE FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU	82
5.3.3	LICENCE PRO PODNIKÁNÍ V ENERGETICKÝCH ODVĚTVÍCH PRO FYZICKÉ OSOBY	82
5.3.4	PŘIPOJENÍ VÝROBNY S INSTALOVANÝM VÝKONEM 14 kW K DS	83
6.	ZÁVĚREM	85
	POUŽITÁ LITERATURA	87
	SEZNAM PŘÍLOH	90

1. Úvodem

Tématem této diplomové práce je návrh fotovoltaické elektrárny pro stavební řízení. Volba této problematiky vznikla na základě snahy řešit smysl výstavby FV systémů na objektu od samotného počátku. Jedná se zejména o způsob jak snížit náklady na dodávku elektrické energie specifických objektů, jako jsou: rodinné domy, rekreační areály či průmyslové a komerční stavby. Snížit energetickou náročnost těchto objektů je hlavní cíl výstavby FV systémů.

Každá takováto výstavba by měla začít určitým energetickým auditem. Po určení základních předpokladů řešeného objektu je zapotřebí provést studii stavby a předprojektovou přípravu. Na těchto základních kamenech můžeme započít samotný návrh a koncepci FV elektrárny, dle kterých vypracujeme projektovou dokumentaci, která musí obsahovat takové části, jaké bude daný objekt potřebovat pro stavební úřad či jinou instanci, která určí stanovisko pro výstavbu. Velice důležité pro provozování FV elektrárny je mít status výrobce elektrické energie podložený licenci na výrobu elektrické energie, která je pro výrobce nepostradatelná. Tuto licenci vydává Energetický regulační úřad. Finální část realizace FV systému spadá do části připojení k distribuční síti poskytovatele distribuční sítě dle typu FV systému.

Snaha o snížení nákladů za elektrickou energii je dosahována používáním nových technologií umístěných přímo na stavebních objektech. Mezi tyto nové technologie, které se řadí do skupiny obnovitelných zdrojů, patří bezesporu fotovoltaický článek, který je spolehlivý, všude velmi hojně dostupný a ekologicky nezávadný. FV článek je základním prvkem FV systémů, a jakožto zdroj elektrické energie je, sám o sobě jedinečný a ve spojení s dalšími podobnými obnovitelnými zdroji elektrické energie je v podstatě dokonalý. Obnovitelné zdroje energie - fotovoltaické systémy, dle mého názoru budou hrát v naší blízké budoucnosti jednu z hlavních rolí v oblasti světové energetiky.

Po absolvování odborné praxe na bakalářském studiu, jsem začal spolupracovat s elektrotechnickou společností na návrzích a realizacích fotovoltaických systémů a proto jsem měl tu možnost dostat se zcela bezprostředně k jádru této problematiky. Můj osobní názor na fotovoltaické systémy obecně stojí na využívání takzvaných zelených bonusů, avšak za správně nastavené sazby, které nesmí za žádných okolností nabourávat rozpočet státu, zdražovat cenu elektrické energie a případně omezovat výrobu elektrické energie ze zelených bonusů. Během posledních několika měsíců, kdy jsme mohli všichni pozorovat velice špatný postup zákonodárců, kteří selhali při úpravě výkupních cen elektrické energie z OZE. Kdy výkupní ceny elektrické energie státem byly tak výhodné, že tuzemští i zahraniční investoři ze všech odvětví trhu se začali orientovat na výstavbu solárních parků a tím uvedli celý tento stát k problému dalšího zvýšení cen elektrické energie. Zákonodárci měli totiž postupovat dle modelu západních států sousedících s Českou republikou. Tyto státy velice rychle reagovali na změny cen materiálů a prvků potřebných k výstavbě FVS a výkupní ceny z OZE upravili takovým způsobem, aby byl stále zachován pojem zelená energie dostupná pro všechny.

První setkání s fotovoltaickým systémem, znamenalo nejprve pochopit teorii přeměny elektromagnetického záření na elektrickou energii a poté podrobně rozebrat problematiku použitých prvků a zajímat se o veškeré elektrotechnologické celky a podružné příslušenství, které tyto systémy obsahují. Poté bylo také velice důležité zjistit jaké legislativní a smluvní kroky je zapotřebí učinit, aby bylo možné fotovoltaický systém připojit k distribuční síti a jak postupovat při získávání potřebných licencí, dokumentů a informací potřebných ke správné realizaci celého systému. Celkový postup jak realizovat výstavbu fotovoltaické elektrárny v režimu zeleného bonusu s kompletní projektovou dokumentací, bude samostatnou částí této diplomové práce.

Nejdříve bych rád uvedl něco z historie a teorie fotovoltaických systémů.

2. Fotovoltaické elektrárny

Vše začalo v roce 1839 náhodným objevem tehdy devatenáctiletého francouzského fyzika A. E. Becquerela, který náhodně objevil fotovoltaický jev. Při jeho pokusech, kdy s kovovými elektrodami ponořenými v elektrolytu objevil, že při jejich dostatečném osvětlení, začne procházet malý elektrický proud po jejich proudovodných drahách

Opravdu však skutečný FV článek (jen v pevné fázi, bez elektrolytu) s použitím selénu vytvořili W. G. Adams a R. E. Day v roce 1877. Významný krok také učinil roku 1883 Frittz. Jeho články o ploše 30 cm^2 , s účinností do jednoho procenta, a bylo jej možné vyrobit hromadně. Frittz také jako první odhadl, jak velký nevyužitý potenciál tento druh obnovitelné energie má. Ovšem k jeho masové výrobě nedošlo z důvodu velice nízké účinnosti. Grondhal použil pro fotovoltaické články oxid měďný, který byl vytvořen v tenké vrstvě na měděném plechu. Proud se odváděl spirálou z olověného drátu nebo později kovovou mřížkou, která byla vytvořena napařením.



Obr. č. 1.: A. E. Becquerel [O1]



Obr. č. 2.: J. Czochralski [O2]

Celé uspořádání se ve své podstatě podobalo dnešním FV článkům. Výhodou tohoto technologického postupu byla jeho levná výroba a dostupnost materiálu, ale jeho účinnost byla stále příliš nízká, proto z jeho masové výroby sešlo.

Z počátku vývoje FV článků nebyl zcela znám princip, na jakém vlastně fotovoltaický jev funguje, tudíž ani jaké mohou být možnosti a omezení v jeho využití.

Významným krokem ve vývoji FV článků přispěl svým objevem J. Czochralski svou přípravou monokrystalu křemíku. Czochralského metoda růstu krystalu je metoda užívaná pro pěstování syntetických monokrystalů, při které je pevný krystal pomalu vytahován z kapalně taveniny na zárodku vysoce kvalitního přesyceného materiálu. Pro vypěstování kvalitních monokrystalů se užívá speciálních typů kelímků, ve kterých je umístěn roztavený materiál. Při růstu krystalů je nutno v peci udržovat stálé podmínky.

Křemíkový fotovoltaický článek si nechal patentovat Russell. S. Ohl v roce 1946 ve Spojených státech amerických. Fotovoltaické články z křemíku dopované jiným prvkem (tedy články s P-N přechodem) a s účinností kolem šesti procent vynalezli v Bellových laboratořích v roce 1954.

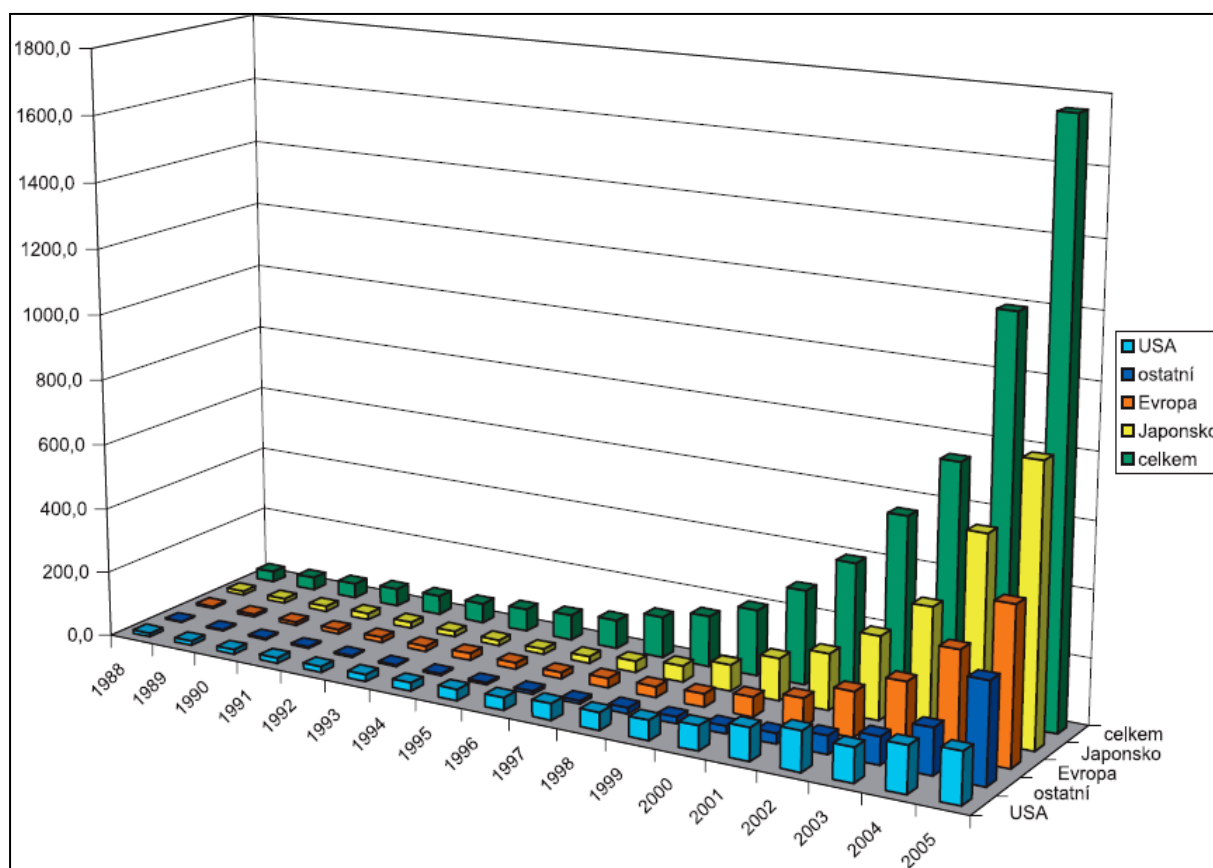
Tato účinnost již byla rozumně velká pro praktické využití, avšak cena byla stále ještě příliš vysoká, (to souviselo s použitím velice čistého křemíku).

Významný impuls pro další vývoj tohoto odvětví bylo použití fotovoltaických článků jako zdroje energie na umělých družicích. Cena zde nehrála roli, jelikož použití fotovoltaických článků byla jediná

varianta jak napájet družice. Na zemi se uplatnily solární fotovoltaické články až v sedmdesátých letech, kdy jejich cena značně klesla, avšak bylo jejich použití omezeno na napájení navigačních světel nebo různých zabezpečovacích zařízení v místech, kde nebyla instalována distribuční síť.

Větší využití se našlo až po ropné krizi v sedmdesátých letech, kdy státy hledaly cestu, jak se zbavit závislosti na ropě a zemním plynu a investovali obrovské množství investic do výzkumu a vývoje výroby obnovitelných zdrojů energie. Obrovskou roli zde nepochybně sehrálo masivní rozšíření výroby polovodičových součástek, které přispělo ke zlevnění výroby vysoce čistého křemíku. Jeho čistota byla 99,99 procent [1]. Přehled vývoje a důležité mezníky v tomto odvětví lze nalézt v [5].

Obrovský rozvoj a instalace fotovoltaických systémů v posledních letech ilustruje graf na obr. č. 3

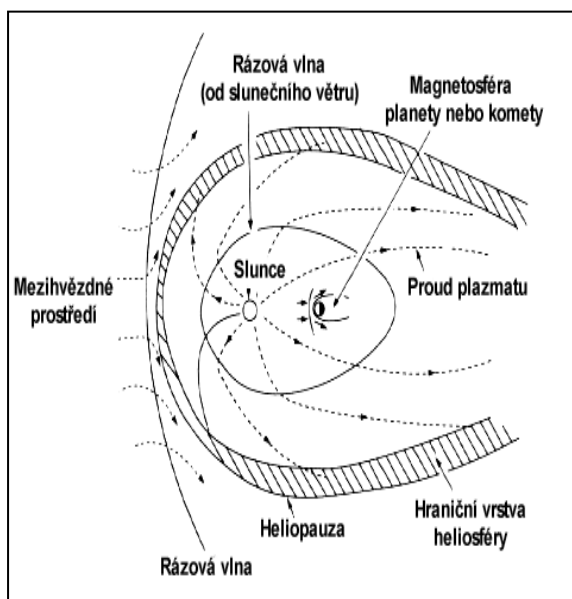


Obr. č.: 3.: Vývoj instalovaného výkonu ve světě v MW [O3]

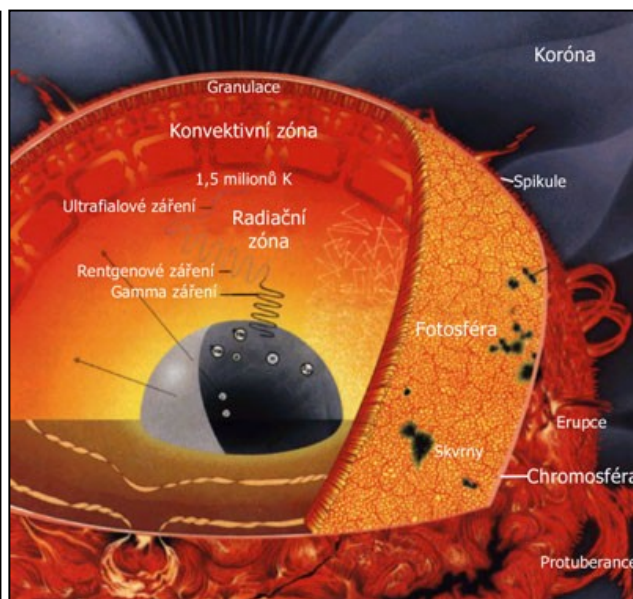
- ❖ světový trh s fotovoltaickými systémy a technologiemi vzrostl o 42 % a to v dobách od roku 2004 do roku 2005, největším podílem se na tomto vzrůstu podílelo Německo a Japonsko.
- ❖ mnohonásobně převyšují fotovoltaické systémy, které jsou připojeny do distribuční sítě. Obrovský rozdíl byl mezi systémy, které byly v roce 2005 připojeny přímo do sítě nebo fungovaly jako ostrovní provozy. V podstatě 95 % systémů bylo připojeno do distribuční sítě a 5 % fungovaly v režimu ostrovního provozu.
- ❖ v roce 2005 bylo prodáno 11 tisíc tun křemíku pro výrobu fotovoltaických článků. V roce 2005 byl nominální výkon prodaných fotovoltaických článků 1500 MW [1].

2.1 Slunce jako čistý zdroj energie

Primárním zdrojem energie ve Slunci je jaderná fúze, tj. spojování jader vodíku za vzniku helia a poté dalších těžších prvků. Ve Slunci se každou sekundu přemění 600 milionů tun vodíku na helium. Hmotnost vzniklého helia je o něco menší než hmotnost do reakce vstupujícího vodíku. Rozdíl této hmotnosti se dle známého Einsteinova vztahu: $E = m \cdot c^2$ dá přepočítat na energii. Ve Slunci vlastně každou sekundu ubudou 4,26 milionu tun hmoty, což představuje uvolnění $3,8 \cdot 10^{26}$ J energie. Slunce je ve stabilním stádiu svého vývoje a takto setrvá tak přibližně 5 miliard let. A z hlediska délky lidského života a lidské civilizace jde o zdroj opravdu „udržitelný“. Na konci této stabilní fáze se poloměr Slunce přibližně 1,4 krát zvětší a jeho výkon téměř zdvojnásobí. Po vyčerpání veškerých zásob vodíku v centru Slunce se zapálí vodík v tenké vrstvičce obalující vyhořelé jádro. Jeho vnitřní část se smrští, vnější část expanduje a Slunce se stane „červeným obrem“, který pohltí většinu planet sluneční soustavy. V heliovém jádru začne probíhat fúze jader helia za vzniku uhlíku a kyslíku a řídký obal obklopující toto žhavé jádro bude odsunut tlakem záření do prostoru. Nakonec zůstane jen uhlíko - kyslíkové jádro o 60 % hmotnosti současného Slunce, obalené tenkou vodíkovou atmosférou. Tento žhavý zbytek hvězdy začne chladnout, postupně se stane „bílým trpaslíkem“ a nakonec vychladne úplně a skončí jako „černý trpaslík“. Teplota slunečního povrchu se pohybuje okolo 5 900 K. Ze Slunce je energie přinášena na Zemi ve formě elektromagnetického záření [Cit. 1].



Obr. č. 4.: Heliosféra [O4]

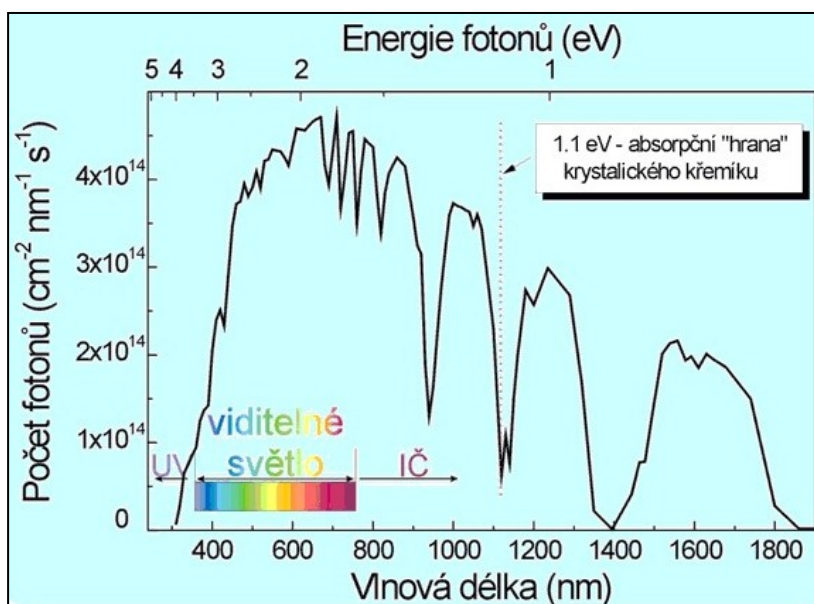


Obr. č. 5.: Struktura Slunce s vyznačenou fotosférou [O5]

Na hranici zemské atmosféry je hustá dopadající solární energie (solární konstanta) přibližně $1,4 \text{ kW/m}^2$. Na povrch Země osvětlený Sluncem dopadá celkově zářivý výkon o hodnotě 180 000 TW ($1,8 \cdot 10^{17} \text{ W}$).

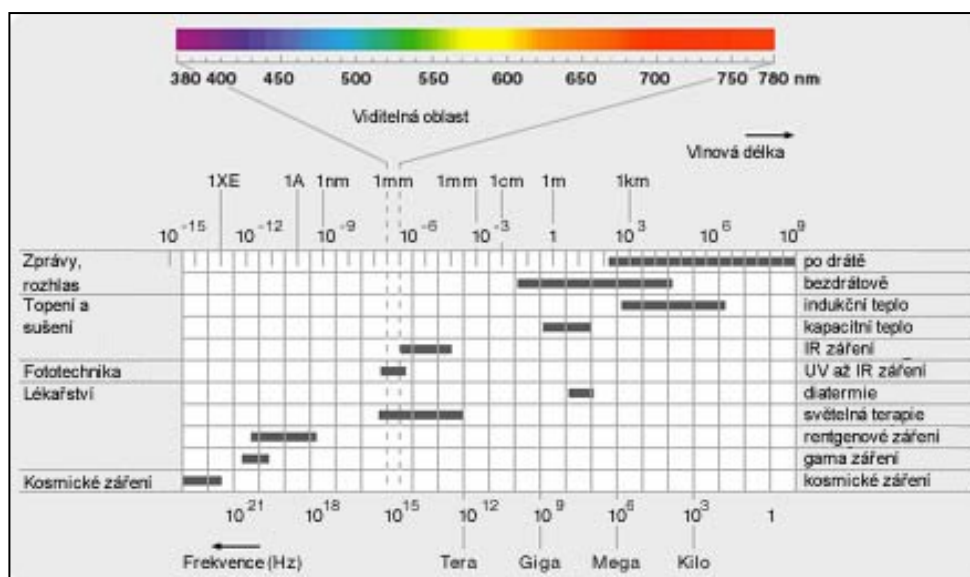
Spotřeba energie celé naší civilizace - technosféry je pouze asi 10 TW (energie vyrobená z uhlí, nafty, zemního plynu, z jaderných elektráren, biomasy - energie obsažená v potravě). Nabídka solární energie je tedy více než dostatečná k tomu, aby mohla případně nahradit všechny ostatní zdroje. Určitá část energie, která dopadne na zemi je ovšem při průchodu atmosférou pohlcena či odražena a na zemský povrch tedy dopadá (v závislosti na momentálním stavu atmosféry) již méně než 1 kW při slunečním svitu a jen desítky wattů při oblačné a zatažené obloze.

Po průchodu atmosférou je celé spektrum slunečního záření ochuzeno o některá pásma, protože dochází k absorpci a rozptylu molekul plynu tvořících atmosféru a na částicích prachu nebo aerosolů v atmosféře přítomných. Veškeré sluneční záření přicházející na zemský povrch se nazývá globální záření a zahrnuje záření všech vlnových délek přicházejících ze všech směrů. V praxi při měření intenzity slunečního záření se rozlišuje záření přímé a záření difuzní (rozptýlené). Při zatažené obloze je přítomná jen difuzní složka záření [1]. Na obrázku č. 6., si povšimněme změny spektra slunečního záření po průchodu atmosférou. Na obrázku je také vymezena ta část spektra, která prochází sklem - je patrné, že sklem neprochází UV ani tepelné (dlouhovlnné infračervené záření).



Obr. č. 6.: Změny spektra slunečního záření po průchodu atmosférou [O6]

Většina sluneční energie, která dopadá na povrch atmosféry a proniká k zemskému povrchu, se vyzáří zpět do vesmíru jednak ve formě krátkovlnného záření (cca 30 %), jednak ve formě dlouhovlnného záření, tedy tepla (47 %). Podstatná část sluneční energie se přemění na teplo a uplatňuje v koloběhu vody (vypařování). Fotosyntéza a na ni navazující toky energie v potravním řetězci jsou řádově nižší než přímá přeměna na teplo. Vlnové délky přibližně 400 - 780 nm odpovídají fotosynteticky aktivnímu světelnému záření, vlnové délky 800 nm se již počítají k infračervenému záření (tepelnému). Spektrální rozsah slunečního světla je 30 nm až 3 000 nm, většina sluneční energie přichází v oblasti viditelného záření a energické maximum je okolo 500 nm. Na vlnové délky nižší než 300 nm připadá UV záření, které lidské oko neregistruje. Vlnové délky přibližně 400 - 780 nm odpovídají fotosynteticky aktivnímu světelnému záření, vlnové délky 800 nm se již počítají k infračervenému záření (tepelnému) [1].

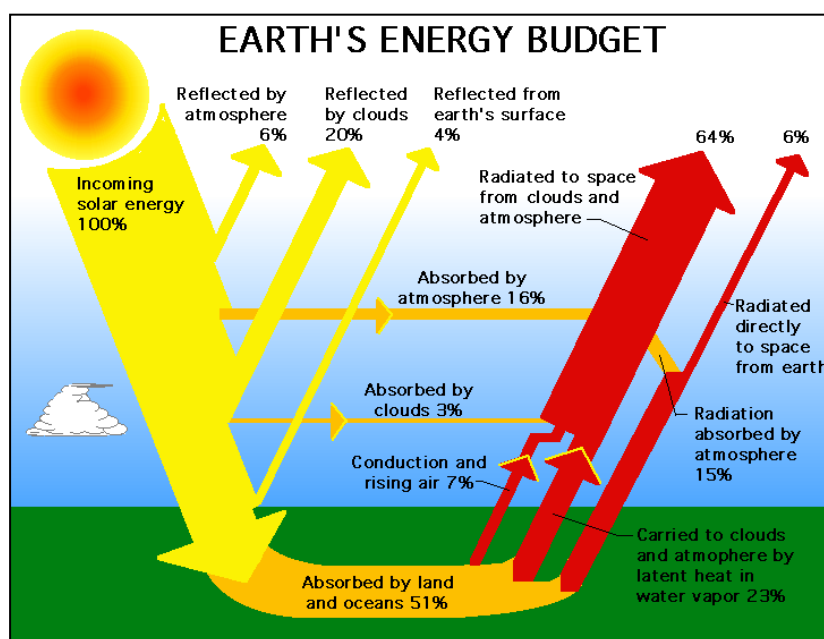


Obr. č. 7.: Spektrum elektromagnetického záření [O7]

UV záření o vlnových délkách nižších než cca 300 nm je silně pohlcováno v horních vrstvách atmosféry díky zde přítomnému ozonu. Je-li ozonová vrstva v atmosféře slabší, prochází na zemský povrch více UV záření s vlnovou délkou pod 300 nm. UV záření je sice velice významné z hlediska zdravotního, avšak téměř zanedbatelné z hlediska energetického, protože jeho energie tvoří pouze několik procent celkové sumy sluneční energie dopadající na Zemi [1].

2.2 Sluneční záření na Zemi

První věc, kterou potřebujeme znát, chceme-li využívat sluneční záření k výrobě elektrické energie, je to, jaký je využitelný potenciál tohoto zdroje, tj. kolik energie můžeme získat z dané plochy za určitou dobu (den, měsíc, rok), a na čem to záleží.



Obr.č. 8.: Energetická bilance Zeměkoule [O8]

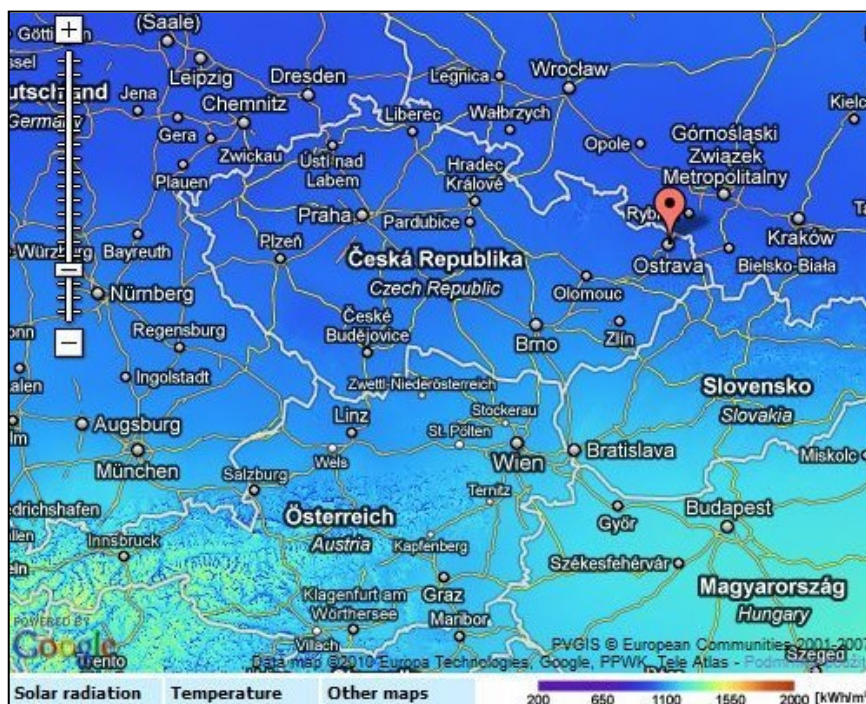
Pokud využíváme sluneční energii pro výrobu elektřiny na družicích pohybujících se na oběžné dráze kolem Země, je situace v zásadě jednoduchá a přehledná. Není-li Slunce zrovna zastíněno Zemí nebo jiným tělesem, dopadá na fotovoltaické moduly stálý tok energie zhruba ve výši dané solární konstantou, tj. oněch $1,4 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$. Ve vesmírném prostoru také zpravidla nebývá problém, nastavit moduly tak, aby na ně dopadalo záření téměř kolmo.

Zdali však instalujeme fotovoltaické moduly na Zemský povrch, problémů se okamžitě objeví celá řada. Sluneční záření je totiž výrazně ovlivňováno momentálním počasím, znečištěním atmosféry, měnící se polohou Slunce na obloze v průběhu dne a roku (výška nad obzorem a azimut) a v neposlední řadě i stínění od jiných staveb nebo stromů. Podívejme se proto blíže, na čem závisí, kolik energie od Slunce dopadá na určitou nakloněnou plochu respektive na fotovoltaický modul a jak se to mění v průběhu roku a kolik energie lze získat za celý rok [1].

2.3 Fotovoltaický geografický informační systém PVGIS

Pro předpokládané množství vyrobené elektrické energie, potřebujeme znát parametry systému, který chceme realizovat. A pomocí výpočtově - statistického programu PVGIS můžeme zjistit předpoklad množství vyrobené energie, ve kterém jsou již započítány veškeré parametry a sice: pod jakým úhlem bude nakloněn FV modul, jaký bude jeho azimut, zeměpisná délka a šířka ve kterých bude FV modul instalován a samozřejmě celkové předpokládané ztráty.

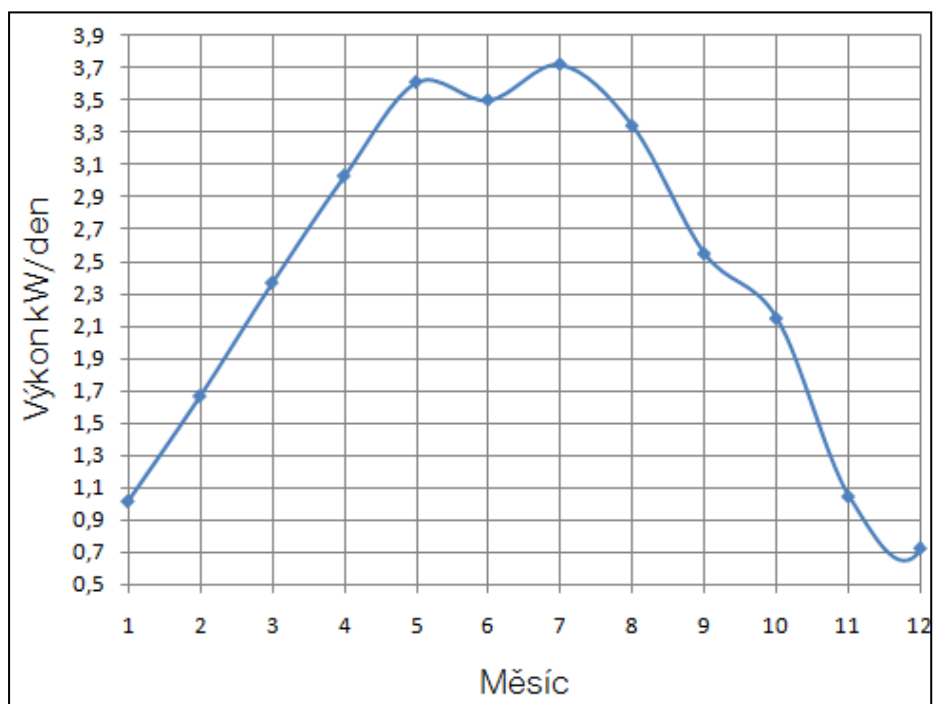
Pro demonstraci jsem použil systém s instalovaným výkonem 1 kWp. Umístění tohoto systému bude v moravskoslezském kraji ve městě Ostrava, úhel sklonu panelů je 30° , Azimut 0° , střecha rodinného domu, FV modul - Cs, předpokládané ztráty u nových moderních FV systémech 9-11 %



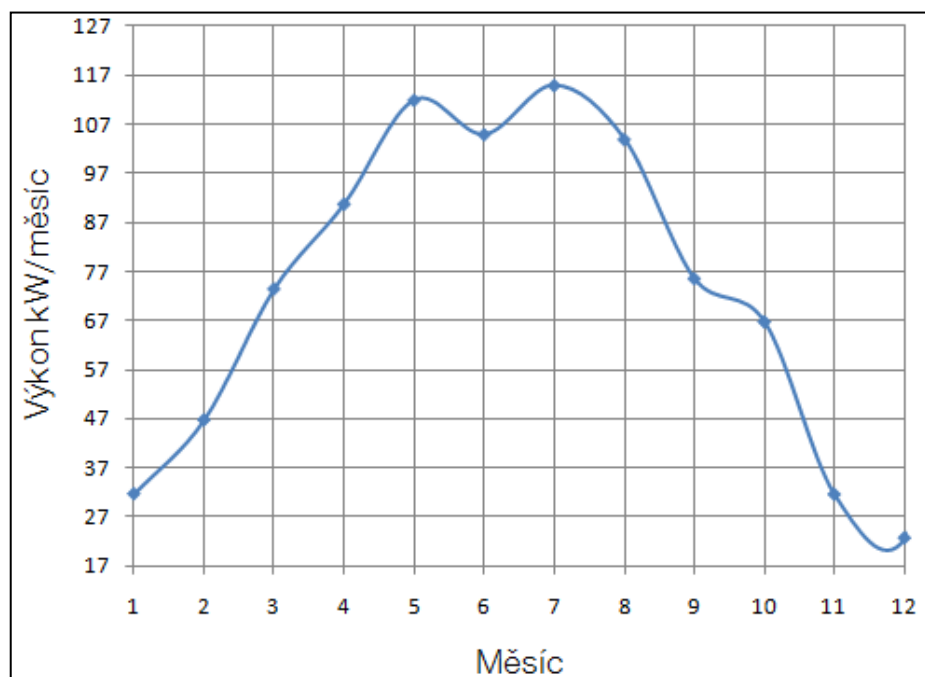
Obr. 9.: Umístění kontrolního bodu na mapě ČR [O9]

Grafické znázornění výstupních hodnot z programu PVGIS, které byly získány z jeho tabulkových výslednic.

Graf. č. 1.: Průměrné množství vyrobené energie za den během roku



Graf. č. 2.: Průměrné množství vyrobené energie za měsíc během roku

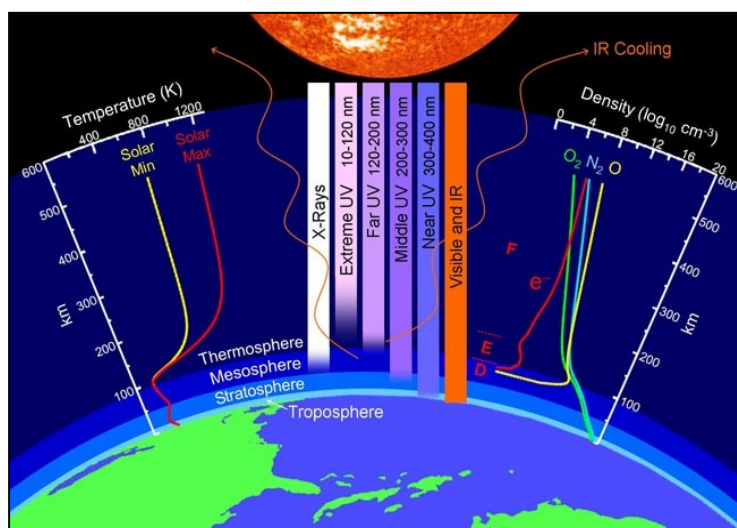


2.4 Vliv atmosféry na sluneční záření

První překážkou, která stojí slunečnímu záření v cestě, je zemská atmosféra. Na plynech, aerosolech a pevných částicích v atmosféře dochází k odrazu, rozptylu a pohlcení části záření. Jednak se trochu změní spektrum záření (zastoupení jednotlivých vlnových délek) a jednak se sníží celková intenzita záření. Za jasného a slunečného letního dne v našich zeměpisných šířkách dopadá o něco méně než $1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ povrchu orientovaného kolmo na sluneční paprsky [1].

Výsledný vliv atmosféry závisí na mnoha faktorech. Patří mezi ně zejména:

- ❖ výška Slunce nad obzorem a s ní související tloušťka vrstvy vzduchu, skrz niž musejí sluneční paprsky projít. Používá se takzvaný AM faktor, který zohledňuje efektivní množství vzduchu ležícího v cestě slunečním paprskům. Je-li Slunce v nadhlavníku, je AM faktor roven jedné, pokud natáčíme fotovoltaické moduly za Sluncem, tak je třeba počítat s tím, že jejich výkon bude večer nebo ráno (při malé výšce Slunce) znatelně nižší;
- ❖ nadmořská výška místa - opět souvisí s vrstvou vzduchu jako v předchozím bodě;
- ❖ míra znečištění atmosféry - je všeobecně známo, že nad městy a ve velkých průmyslových aglomeracích je zřetelně vyšší obsah aerosolů a tuhých částic, a díky tomu i menší intenzita slunečního záření;
- ❖ oblačná pokrývka - největší překážkou v atmosféře jsou pochopitelně mraky, které značnou část dopadajícího záření odrazí a zbytek rozptýlí tak, že nedopadá ve směru Slunce, ale přichází více méně rovnoměrně, ze všech směrů (difúzní záření). Relativní četnost slunečních a oblačných dnů závisí na lokálním klimatu a zpravidla je dostatek meteorologických údajů za dlouhou dobu, po kterou se to sleduje. Zájemci mohou najít příslušné údaje na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu [Cit. 1] [1].



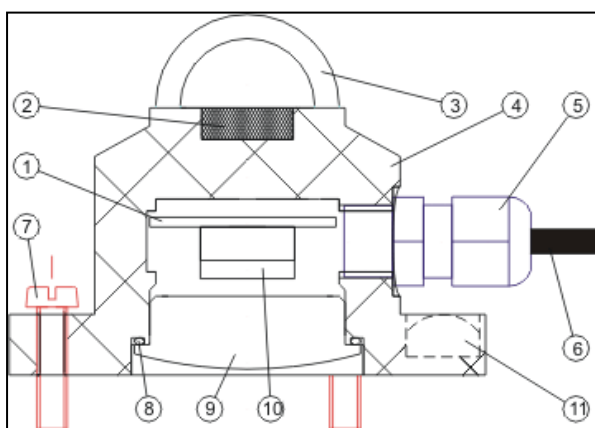
Obr. 10.: Elektromagnetické záření dopadající na naši planetu [O10]

Celkem lze říci, že ke vlivu atmosféry sice musíme při výběru lokality a plánování fotovoltaického systému přihlížet, nicméně nemáme moc možností, jak jej ovlivnit. Jediné co můžeme udělat, je změřit

co nejpřesnější poměry ve vybrané lokalitě a podle toho se rozhodnout. Naštěstí rozdíly v množství dostupné solární energie nejsou na území ČR tak dramatické [1].

2.5 Měření dopadajícího slunečního záření

Údaje o intenzitě přímé a difuzní složky slunečního záření a o celkovém množství energie, která dopadla na vodorovnou nebo skloněnou plochu v daném místě a čase, lze získat měřením. Meteorologické stanice nejčastěji měří jen celkové záření (součet přímého a difúzního záření). Zpravidla se k tomu používá přístroj zvaný pyranometr. Měření je založeno na tom, že se porovnává teplota černého a bílého povrchu pod skleněným krytem a rozdíl teplot měřený souborem termočlánků je úměrný intenzitě dopadajícího slunečního záření. To, že sluneční záření je přeměněno na teplo, zaručuje, že odezva nezávisí na vlnové délce záření. Fotografie a funkční schéma pyranometru je obr. 11 a 12.



Obr. č. 11.: Schéma pyranometru a jeho hlavních částí
1-deska plošných spojů, 2-termočlánkové čidlo,
3-krycí skleněná polokoule,
4-tělo pyranometru,
5-montážní průchodka IP68 pro kabel,
6-kabel pro vývod signálu, 7-montážní šroub
8-spojky konstrukce, 9-nastavitelný kloub, 10-svorkovnice [O11]



Obr. č. 12.: Pyranometr SP Lite 3 [O11]

Kvalitní a cejchované pyranometry s klasickým termočlánkovým čidlem jsou poměrně drahé, a proto se v poslední době pro měření slunečního záření pro technické účely používají pyranometry s čidlem na bázi křemíkového fotovoltaického článku, který stojí necelých 10 tisíc korun (na rozdíl od přesného pyranometru pro výzkumné účely za 150 tisíc korun). Tady už není odezva přístroje úplně nezávislá na vlnové délce a stejná pro celé spektrum slunečního záření jako u pyranometru s termočlánky.

Pro naše účely, tj. měření intenzity záření dopadajícího na fotovoltaické články, jsou však tyto přístroje zcela dostačující. Pokud chceme rozlišit a změřit i záření přímé, pak je zapotřebí přístroje, který zachycuje záření jen z bezprostředního okolí slunečního kotouče. K tomuto účelu se používá přístroj nazývaný pyrhelimetr. Princip je stejný jako u pyranometru, ale čidlo je umístěno v trubici, která vymezení rozsah úhlů, z nichž může sluneční záření dopadat.

Měření záření dopadajícího na fotovoltaický systém je také důležité pro monitorování jeho stavu a zjištění případných závad a také pro posouzení toho, jak dalece, se předpovědi a odhady použité při návrhu systému splnily. Je třeba mít na paměti, že to, kolik energie dopadne na dané místo za jednotku času, je v zásadě náhodná veličina, jejíž hodnota se může pohybovat v určitém rozmezí.

Dlouhodobé klimatické průměry nám určí, co asi tak můžeme očekávat, ale teprve měření nám vypoví, jaký byl konkrétní den, měsíc nebo rok na konkrétním místě.

Pokud je v blízkosti naší fotovoltaické instalace meteorologická stanice, která měří intenzitu slunečního záření, můžeme někdy s výhodou využít jí naměřené hodnoty. Ty bývají v dnešní době často uveřejňovány na internetu - například planetárium Praha uveřejňuje tyto hodnoty na svých stránkách [1].

2.6 Základní typy fotovoltaických článků

Fotovoltaické články prošly více jak padesátiletým vývojem a byla vyvinuta celá řada typů a konstrukcí s využitím různých materiálů. Pro přehlednost se člení do čtyř generací [1].

2.6.1 První generace

Do této generace patří články vyráběné z destiček monokrystalického křemíku, v nichž je vytvořen velkoplošný P-N přechod. Tento typ se vyznačuje dobrou účinností, dlouhodobou stabilitou výkonu a v současnosti je stále ještě nejčastěji využívaným typem fotovoltaických článků - hlavně na velké instalace. Velkou nevýhodou je velká spotřeba velmi čistého, tudíž i drahého křemíku a poměrně velká náročnost na výrobu [1].

2.6.2 Druhá generace

Ta je charakterizována snahou snížit množství potřebného křemíku a zlevnit výrobu tím, že se používají tenkovrstvé články. Nejběžnější jsou články polykrystalického, mikrokystalického nebo amorfního křemíku. Jejich největší nevýhodou je nízká účinnost, která klesá společně s časem a stabilita. V této generaci se začínají používat také jiné materiály než křemík. V poslední době se prosazují tenkovrstvé články v takových aplikacích, kde je potřebná pružnost a ohebnost. Existují například tenkovrstvé fotovoltaické fólie, které se nalepí na plochou nebo šikmou střechu, plní funkci nepropustné fólie a současně vyrábí elektrickou energii. Hlavně díky zájmu armády se investují finance do výzkumu, kde jsou fotovoltaické články součástí oblečení nebo batohu a napájí tak přenosná zařízení, jako je mobilní telefon nebo vysílačka [1].

2.6.3 Třetí generace

Do této generace se řadí systémy, které používají k separaci náboje jiné metody než P-N přechodu a většinou i jiné materiály než polovodiče. Jsou to například foto-elektro-chemické články nebo polymerové články. Také se začínají uplatňovat nanostruktury ve formě uhlíkových nanotrubiček či nanotyčinek nebo také struktury nanesením tzv. kvantových teček na vhodnou podložku. Výhodou těchto struktur je možnost cíleně ovlivňovat optické a elektrické vlastnosti. Zatím se ovšem takovéto články v praxi téměř neuplatňují z důvodů malé stability, životnosti a účinnosti. Velice blízko komerčnímu využití jsou flexibilní fotovoltaické moduly založené na organických polymerech [1].

2.6.4 Čtvrtá generace

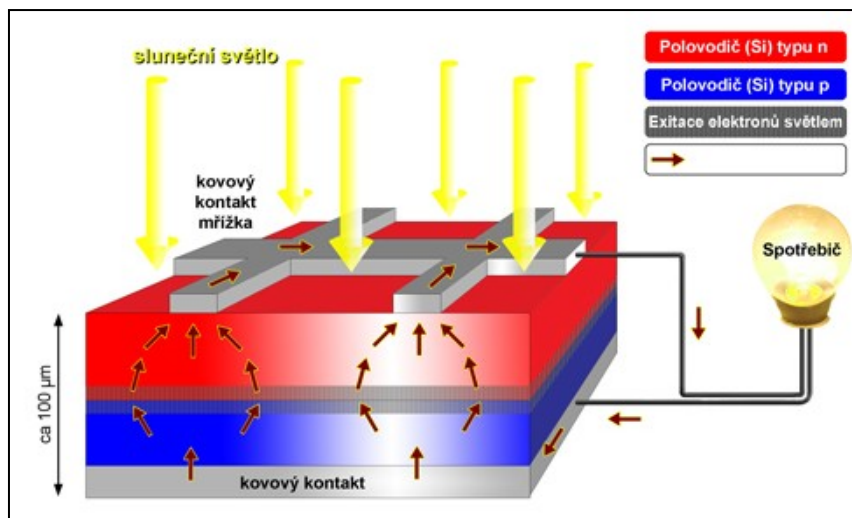
Tvoří ji kompozitní, z jednotlivých vrstev složené fotovoltaické články schopné efektivně využívat širokou škálu slunečního spektra. Je to dáno tím, že každá vrstva dokáže využít světlo v určitém rozsahu vlnových délek a záření. Které využít nemůže, propustí do hlubších vrstev, kde je následně využito [1].

2.7 Fyzikální princip polovodičového fotovoltaického článku

K tomu, aby byla přeměněna energie proudů fotonů slunečního záření v elektrickou energii pohybujících se elektronů elektrického proudu, jsou zapotřebí v zásadě jen dvě věci, a to: volné elektrony a elektrický potenciál (pole), který je uveden do pohybu směrem od zdroje ke spotřebiči. Volné elektrony nepředstavují problém, jelikož jsou k dispozici v každém běžném kovu, ale problémem je, jak jim dodat potřebnou energii a usměrnit jejich tok potřebným směrem.

Elektromagnetické záření se chová, jako by bylo tvořeno proudem částic, jenž A. Einstein nazval fotony. Foton slunečního záření dokáže předat svou energii elektronu v kovu nebo polovodiči, tedy samotný přenos energie z fotonu na elektron je možný. Již od 19. století je známo, že pokud na kov dopadá sluneční záření, tak dochází k uvolňování elektronu z jeho povrchu. Jestliže je energie záření dostatečná, elektron opustí povrch kovu a zanechá v kovu kladný náboj - díru. Jde o tzv. fotoelektrický jev. Pokud ovšem elektron zůstane v kovu, čehož potřebujeme docílit, aby nám prošel skrze vodiče a zátěž. Pak je zase velmi rychle přitážen k díře, která po něm zbyla, a jeho energie se uvolní jako neužitečné teplo. Proto je nutné oddělit elektrony od děr a přimět elektrony, aby před tím než začnou plnit díry, začaly procházet elektrickým obvodem a vydaly elektrickou energii získanou ze slunečního záření ve formě užitečné práce v naší zátěži. Tento proces je lépe realizovatelný v polovodičích než v kovech, protože polovodiče jsou materiály s vlastnostmi mezi vodiči a izolanty není v nich dostatek volných elektronů jako v kovech, ale relativně levně mohou vzniknout např. teplem nebo dopadem slunečního záření.

K tomuto oddělení elektronů z děr je zapotřebí v polovodiči vytvořit P-N přechod. Tento P-N přechod je základem celé moderní elektrotechniky. Pochopení principu funkce tohoto P-N přechodu je nezbytné k pochopení práce fotovoltaických článků [1] [5].



Obr. č. 13.: Princip funkce FV článku [O12]

Fotovoltaické články v podstatě využívají vlivu světla na přechod P-N. Jeli ozářena například vrstva N, projeví se to vyšší koncentrací menšinových nosičů - děr, u nichž se působení potenciálové bariéry neuplatní. V prvním přiblížení se může změna elektronů zanedbat a pouze nepatrný počet elektronů může proniknout potenciálovou bariérou do polovodiče typu P. Proud děr přicházející z vrstvy N na přechod tedy vlivem osvětlení vzroste. Nadbytečný proud děr I_f způsobí nabíjení vrstvy P kladně vzhledem k N. To znamená, že se v ní snižují energetické hladiny elektronů a Fermiho

hladina se posune. Rozdíl energií těchto hladin v polovodičích ΔW pak odpovídá potenciálovému rozdílu vzniklému následkem osvětlení [Cit. 2].

$$U = \frac{\Delta W}{e} (V, J, C) \quad (1)$$

Při rozestupu Fermiho hladin se zvětší počet nosičů, které mají dostatečnou energii na to, aby překonaly potenciálové bariéry přechodu. Nadbytečný fotoelektrický proud je u nezatíženého článku roven svodovému proudu [Cit. 2] :

$$I_n = I_s \cdot \left[\exp\left(\frac{\Delta W}{n \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right] \quad (2)$$

I_s (A) je nasycený svodový proud v závěrném směru

k (J/K) Boltzmannova konstanta $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K

T (K) absolutní teplota

n počet sériově řazených článků

Zatíženým FV článkem poteče vnějším obvodem proud [2] :

$$I = I_f - I_s \cdot \left[\exp\left(\frac{\Delta W}{n \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right] \quad (3)$$

I_f (A) proud FV článku

Dosažením z rovnice (1) získáme zatěžovací charakteristiku FV článku [2] :

$$I = I_f - I_s \cdot \left[\exp\left(\frac{e \cdot U}{n \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right] \quad (4)$$

Přitom proud FV článku je dán součinem počtu uvolněných nosičů v jednotkovém čase a velikostí elementárního náboje [2] :

$$I_f = e \cdot \Phi \cdot \gamma \cdot \kappa \cdot \frac{(1-\rho)}{(hf)} \quad (5)$$

e (C) náboj elektronu $1,6 \cdot 10^{-19}$

Φ (W) dopadající zářivý tok

f (Hz) frekvence dopadajícího světla

ρ (-) součinitel odrazivosti

γ (-) kvantový výtěžek

κ (-) počet nosičů, jež dospějí k přechodu, k počtu nosičů vzniklých absorpcí záření

h (J . s) Planckova konstanta $6,626 \cdot 10^{-34}$

Proud FV článku se s teplotou prakticky nemění (2 % při změně teploty o 50 K) a kromě dopadajícího zářivého toku jsou všechno konstanty, takže můžeme psát jeho hodnotu jako $I_f = A\Phi$.

Pro závislost nasyceného svodového proudu polovodiče na teplotě uvádí literatura vztah [2] :

$$I_S = \frac{B \cdot T^4}{\exp \frac{C}{T}} \quad (6)$$

kde B a C jsou konstanty. Dosazením do (3) a úpravou (5) lze pro FV článek psát [2] :

$$I = A \cdot \Phi - \frac{B \cdot T^4}{\exp \frac{C}{T}} \left(\exp \frac{eU}{nkT} - 1 \right) \quad (7)$$

Zkratovaným článkem teče podle rovnice (7) celý proud FV článku $A\Phi$. Proud nakrátko roste lineárně s dopadajícím zářivým tokem a nezávisí na teplotě. Napětí naprázdno nezátíženého článku roste s tokem logaritmickou závislostí a klesá s teplotou, jak plyne z rovnice (8), která vznikla úpravou rovnice (7) po dosazení za $I = 0$ [Cit. 2]

$$U_0 = \frac{nkT}{e} \ln \left[1 + \frac{A \cdot \Phi}{B \cdot T^4} \exp \frac{C}{T} \right] \quad (8)$$

Podstatu vzniku lze vysvětlit na nejběžnějším polovodičovém materiálu - křemíku. Tuhý křemík je tvořen mřížkou atomů křemíku, které jsou navzájem spojeny kovalentními vazbami, a na rozdíl od kovů se v křemíku žádné volné elektrony, k atomům nevázané, nevyskytují. Kovalentní vazby v křemíku nejsou tak pevné, jako je tomu například u uhlíku ve formě diamantu. K uvolnění elektronů z vazeb stačí u křemíku dodat poměrně malé množství energie. Při pokojové teplotě má tedy vždy nějaké malé množství elektronů dostatečnou energii na to, aby se uvolnilo z vazeb a dostalo do neobsazeného vodivostního pásu. Křemík proto na rozdíl od diamantu vede elektrický proud. Se zvyšováním teploty se křemík stává více vodivým a to díky tomu, že se do vodivostního pásu dostává více elektronů. Podobná situace nastává i při osvětlení křemíku slunečním zářením.

Vodivost se značně mění, jestliže křemík obsahuje určité příměsi. Zpravidla se přidává malé množství fosforu nebo boru - jedná se o dopování křemíku. Fosfor má ve valenční vrstvě pět elektronů, ale ve vazbách okolního křemíku se mohou uplatnit pouze čtyři elektrony. Dopováním křemíku fosforem vzniká polovodič typu N, který má za následek nadbytečné elektrony a je daleko více vodivý než čistý křemík [1].

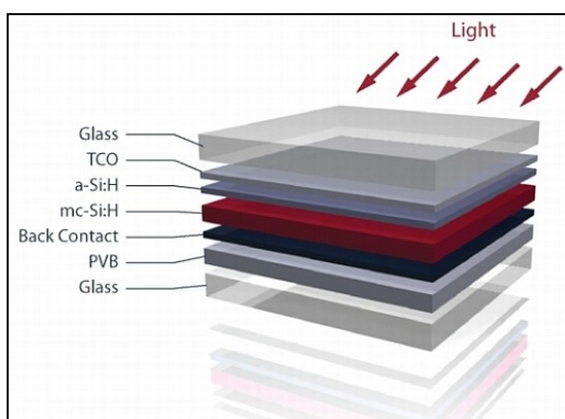
Analogicky dopováním křemíku borem se třemi elektrony vzniká polovodič typu P s nadbytečnými dírami. Pokud se spojí oba tyto polovodiče, vzniká v místě jejich dotyku velmi tenká vrstva, jejíž název je P-N přechod. Koncentrace elektronů je větší u polovodičů typu N než u typu P. S dírami je to přesně naopak. Spojíme-li dohromady polovodiče typu P a N, dochází k tomu, že ve snaze vyrovnat koncentrace, difundují elektrony do části P a díry do části N. Tento jev se nazývá rekombinace nábojů a výsledkem je elektrický potenciál. Vzniklé elektrické pole další difúzi zastaví a tak dojde k rovnováze mezi částí P a N. Výsledkem procesu je výrazné snížení vodivosti v oblasti P-N přechodu a vytvoření elektrického potenciálu. Této vlastnosti P-N přechodu se využívá v usměrňovacích diodách, kdy na stranu P přivedeme kladný pól zdroje napětí a na stranu N záporný pól zdroje a tudíž může proud přes P-N přechod procházet. Vlastní fotovoltaický článek je vlastně „taková velkoplošná dioda“. Je vytvořen tak, že v tenkém plátku křemíku je v malé hloubce pod povrchem vytvořen P-N přechod, opatřený z obou stran vhodnými kovovými kontakty.

Napětí fotovoltaického článku je dáno použitým materiálem. V případě křemíku je to přibližně 0,6 V. Udává se, že při optimálním proudu, kdy je výkon článku maximální, je hodnota napětí 0,5 V. Aby se získalo využitelné napětí, je potřeba spojit články do série, z pravidla je to 36 nebo 72

článků, které dodávají 18 V nebo 36 V na prázdko. Křemíkový článek může využít fotony s energií větší než 1,1 eV, což představuje záření o vlnové délce 1100 nm - pro fotony platí, že čím menší je jejich vlnová délka, tím větší mají energii. Sluneční záření procházející atmosférou obsahuje fotony s energií od 0,5 eV - infračervené záření do asi 2,9 eV - UV záření. Energie fotonů s kratší vlnovou délkou není ale využita beze zbytku. Každý foton uvolní jen jeden elektron a přebytek energie se přemění v teplo. V důsledku tohoto děje nelze s takovýmto článkem principiálně dosáhnout větší účinnosti než 55 % využití energie záření. U reálného článku jsou ještě další ztráty způsobené odrazem, větrem, orientací panelu a jeho sklonem. V praxi se dosahuje účinnosti mezi 10 % a 20 % [Cit. 1] [1] [5].

2.8 Fotovoltaické panely

Z předchozího popisu je vidět, že FV články jsou poměrně drahé a technologicky náročné struktury. Mají plnit svou funkci po řadu let a proto je nutné je chránit proti znečištění, korozi, mechanickým poškozením a dalším nebezpečným vnějším vlivům okolí. Také napětí jednoho FV článku je relativně malé a proto je nutné zapojit větší množství článků do série, abychom docílili určité velikosti napětí, které bude pro náš účel důležité. Takováto baterie sériově zapojených FV článků se nazývá FV modul. Nejčastěji se na horní stranu modulu dává kalené sklo, které v kombinaci s pevným duralovým rámem zajistí dostatečnou pevnost a mechanickou odolnost. Vhodné je použít takové sklo, které obsahuje menší množství železa, má totiž lepší propustnost světla v červené a blízké infračervené oblasti spektra. Moderní články mají antireflexní vrstvu, která zamezí ztrátě světla odrazem a docílí tak vyšší účinnosti o několik procent. U monokrystalických článků tvoří často antireflexní vrstvu nitrid křemíku nanášený vakuovým napařováním. Snížení reflexe lze také dosáhnout vytvořením gradientu indexu lomu nebo vytvořením textury na povrchu. Jednou z možností se naskytuje také leptání povrchu bombardováním za pomoci iontů ve vakuové komoře s použitím chloru nebo směsi hexafluoridu síry a kyslíku. Dokonalou těsnost modulu zajišťuje vakuová laminace s použitím speciálních fólií z EVA (etylenvinyl acetátového kopolymeru). Za zadní straně FV modulu se nejčastěji vyskytuje fólie z Tedlaru (fluor polymer, velmi nepropustný materiál pro vodní páru a velmi odolný proti UV záření). Modul je většinou upevněn do pevných duralových rámu, které jsou odolné proti povětrnostním vlivům a tlaku vyvolaného napadlým sněhem. Rám také slouží k upevnění na střechu budov nebo na FeZn (Ferum-Zinek) či Al (Aluminium) konstrukce [Cit. 1] [1].

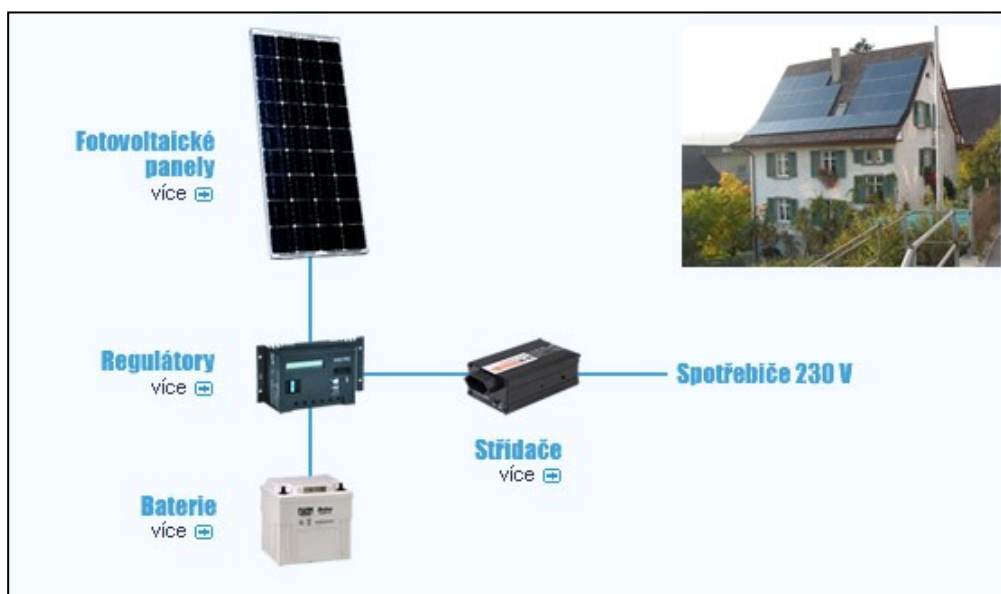


Obr. č.:14 Struktura FV modulu [O13] - 1. Glass - Kalené sklo, 2. TCO - přední metalizovaná elektroda nalepena na kaleném skle, 3. a-Si:H - Vrstva amorfního hydrogenovaného křemíku, 4. μ c-Si:H - Vrstva přechodu mikrokrytalického hydrogenovaného křemíku; 5. Back contact - zadní metalizovaná elektroda, 6. - PVB - Polyvinyl Butyralová Fólie

2.9 Systémy používané běžně v praxi

2.9.1 Ostrovní systémy

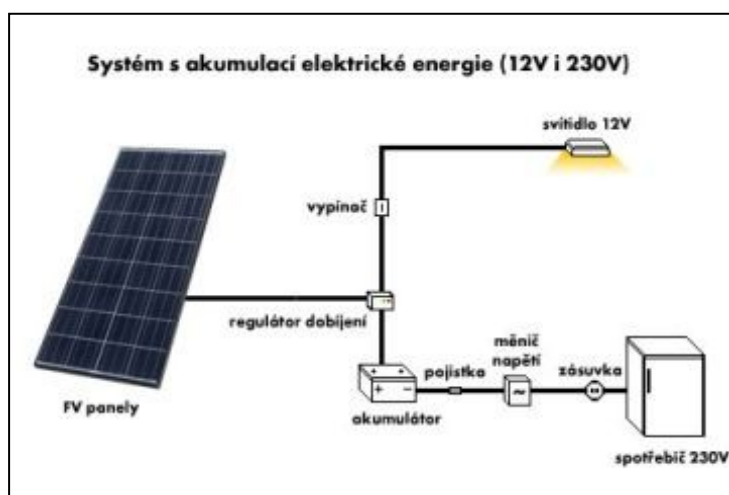
Ne vždy je možnost využívat elektrickou energii dodávanou z distribuční sítě. Taková situace obvykle nastává na odlehlých chatách, zahradních domcích, karavanech, jachtách, případně v odlehlých průmyslových objektech a podobně. Na těchto místech se obvykle požaduje komfort domova. Zde je potřeba elektrické energie k pohonu určitého zařízení, například čerpadla nebo elektrického vytápění. Vybudování elektrické přípojky například v případě chaty nemusí být vždy možné, jelikož náklady na pořízení přípojky nebudou únosné či dostatečně odpovídající případnému užitku. Řešením takové situace může být FV systém požadovaného výkonu. Takový systém se vyplatí v případě, že by bylo nutné vybudovat elektrickou přípojku od 500 metrů a více. Přibudování ostrovního systému na výrobu elektrické energie je vhodné volit odpovídající spotřebiče, které fungují na DC proud. V případě potřeby je možné DC proud pomocí měniče přetransformovat na AC proud, nicméně měnič znamená obvykle nemalou investici, takže je zvláště u menších instalací (do 0,5 kWp) výhodnější využívat spotřebiče na DC proud [5] [1].



Obr. č.:15 Fotovoltaický systém ostrovního provozu [O14]

2.9.2 Systémy s akumulací elektrické energie

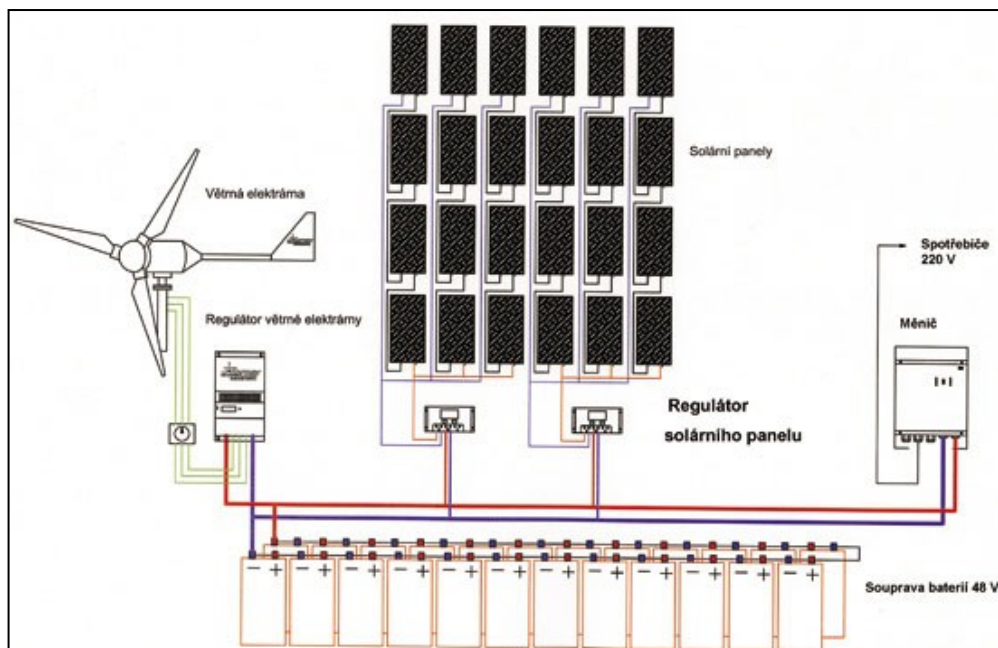
Tato varianta je použita v případech, kdy potřeba elektřiny nastává i v době bez slunečního záření. Z tohoto důvodu mají tyto systémy speciální akumulátorové baterie, konstruované pro pomalé nabíjení i vybíjení. Optimální nabíjení a vybíjení akumulátorů je zajištěno regulátorem dobíjení. K tomuto systému lze připojit spotřebiče napájené stejnosměrným proudem (napětí systému bývá zpravidla 12 V nebo 24 V), popřípadě síťové spotřebiče 230 V/~50 Hz napájené přes střídač. Tyto systémy získávají uplatnění například jako zdroj elektrické energie pro chaty a další objekty, napájení dopravní signalizace, telekomunikačních zařízení nebo monitorovacích přístrojů v terénu. Při nedostatku potřebného výkonu, je systém schopen za pomoci automatiky připojit se k DS [5] [1].



Obr. č.:16 Fotovoltaický systém s akumulací energie [O15]

2.9.3 Hybridní ostrovní systémy

Hybridní ostrovní systémy se používají tam, kde je nutný celoroční provoz a kde je občas používáno zařízení s vysokým příkonem. V zimních měsících se získává podstatně méně elektrické energie než v letních měsících. Proto je nutné tyto systémy navrhovat na zimní provoz, což má za následek zvýšení instalovaného výkonu systému a podstatné zvýšení pořizovacích nákladů. Výhodnější alternativou proto je rozšíření FV systému doplňkovým zdrojem elektřiny, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním svitem a při provozu zařízení s vysokým příkonem. Takovým zdrojem může být větrná elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka apod. [1] [3]



Obr. č.:17 Fotovoltaický systém hybridní ostrovní provoz [O16]

2.9.4 Kapesní aplikace

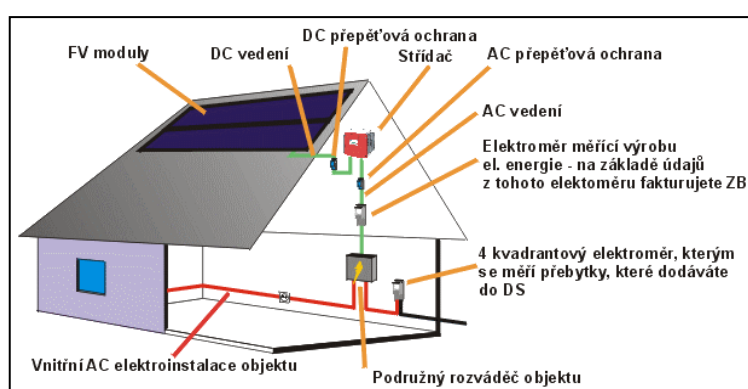
Kapesní aplikace jsou jedny z nejobvyklejších solárních aplikací, jsou instalovány v budících, rádiích a podobné elektronice, která nemá příliš vysokou spotřebu. Velice praktická je například přenosná fotovoltaická dobíječka mobilních telefonů. Fotovoltaika v součinnosti s menšími přístroji každodenní potřeby pomáhá redukovat nebezpečné odpady v podobě alkalických baterií, které by jinak byly pro provoz těchto přístrojů nutné.



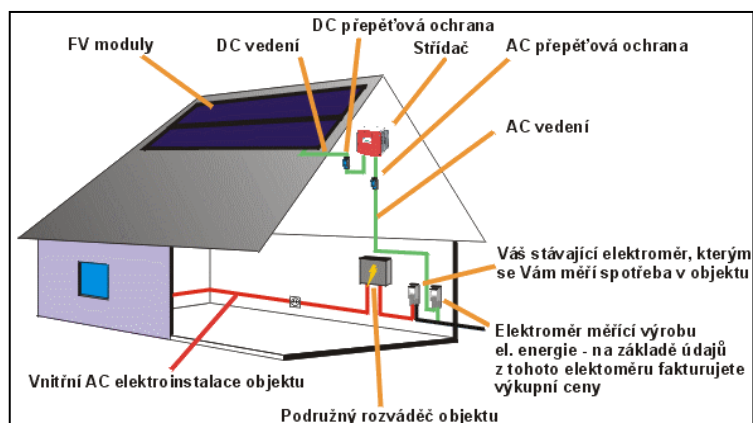
Obr. č.:18 Kapesní FV aplikace - nabíječka mobilního telefonu [O17]

2.9.5 Systémy připojené na síť

FV systémy připojené k DS nejsou vzhledem k relativně kvalitní síti a stálosti dodávek elektřiny instalovány z důvodu nedostatku elektrické energie, jako je tomu u ostrovních systémů. Motivem instalace je zpravidla ekologický přínos FV systému, který při výrobě této elektřiny nevypouští žádný CO_2 a dále jsou motivem pro pořízení FV systému možné dosažitelné úspory potažmo i zisk, který může z takové investice plynout. Systémy připojené k DS jsou zpravidla budovány na rodinných domech nebo v průmyslových objektech, přičemž energie vyrobená systémem je buďto spotřebována přímo v daném objektu a případné přebytky jsou prodány do distribuční sítě, jedná se o tzv. „zelený bonus“, nebo je systém určen výhradně k přímému prodeji PDS za výkupní cenu do DS, tedy bez žádné vlastní spotřeby v místě instalace. Pokud je elektrická energie vyrobena solárním systémem a je spotřebována přímo tam, kde je vyrobena, ušetří investor cenu energie, kterou by musel jinak nakoupit a za tuto energii navíc inkasuje od PDS finanční podporu ve formě „zeleného bonusu“ - systémy s vlastní spotřebou jsou tedy vůbec nejvýhodnější možnou investicí [1] [5].



Obr. č. 19.: FV systém připojený do distribuční sítě v režimu přímého prodeje [O18]



Obr. č. 20.: FV systém připojený do distribuční sítě v režimu zeleného bonusu [O19]

3. Platná legislativa v oblasti výstavby a provozu FV elektrárny

Pro výstavbu fotovoltaické elektrárny, je zapotřebí se orientovat v zákonech a vyhláškách, které stanovují jaké parametry a provozní vlastnosti musí splňovat dané energetické zařízení. Každé energetické zařízení požaduje specifické požadavky na jeho výstavbu a provoz. Pro výstavbu, získání licence a připojování, FV elektráren, je zapotřebí splnit veškeré požadavky, které nám určuje ze zákona stát. Jedná se zejména o podmínky vycházející z nejdůležitějších zákonů. Mezi tyto zákony patří Stavební zákon, Energetický zákon, zákon o podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů, atp. Je velice důležité se při výstavbě FV elektráren, jak malých výroben, tak i větších celků držet se stanov těchto zákonů. Pro navržení FV elektrárny, jsme postupovali právě dle níže zmíněných zákonů a vyhlášek. Z uvedených částí Stavebního či Energetického zákona, jsou pro náš návrh vyjmuty statě, které se dotýkají výstavby a provozu FV elektrárny o výkonu do 20 kW, která je umístěna na střešních prostorách a na kterou dle všech dodržených zákonů a vyhlášek nespádají v podstatě žádné příkazy ze Stavebního úřadu.

Naše stavba FV systému jako taková, má parametry, které nám při studii stavby, návrhu a realizaci nikterak nesvazují ruce a to nám velice ušetří čas. Poskytovatel distribuční soustavy je v našem případě ČEZ, Distribuce, a.s., dle jehož PPES a PPDS bude FV systém připojen.

Oslovený stavební úřad, který nám sdělil skutečnosti, podle kterých není třeba zajistit územní rozhodnutí, stavební povolení či souhlas, užívání či ohlášení stavby ani kolaudační rozhodnutí sídlí v Hlučíně a obec Vřesina spadá pod jeho působnost. Taktéž odbor životního prostředí sídlící v Hlučíně a obec Vřesina spadající pod jeho působnost, který byl osloven, na základě zjišťování podrobností při předprojektové přípravě nás ujistil, že jeho vyjádření ke stavbě je závislé na jakémkoliv vyjádření Stavebního úřadu. V následujících odstavcích jsme se snažili co nejvíce přiblížit legislativní stanovy, při výstavbě a provozu FV elektráren a zařízeních z obnovitelných zdrojů energie.

3.1 Definice hlavních zásad pro výstavbu a provoz FVE

- ❖ zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu - Stavební zákon (dále jen „SZ“);
- ❖ v zákoně č. 458/2000 Sb. 314/2009, který pojednává o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů - Energetický zákon (dále jen „EZ“);
- ❖ v zákoně č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o znění některých zákonů (dále jen „Zákon o podpoře využívání OZE“);
- ❖ ve vyhlášce 81/2010 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě;
- ❖ v cenovém rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č.2/2010 ze dne 8. 11. 2010 (dále jen „Cenové rozhodnutí Erú“), kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z OZE, kombinované výroby elektřiny a tepla (dále jen „KVET“) a druhotných energetických zdrojů;

3.2 Stavební zákon

3.2.1 Rozhodnutí o změně stavby a o změně vlivu stavby na využití území

Rozhodnutí o změně stavby a o změně vlivu stavby na využití území (dále jen "rozhodnutí o změně stavby") stanoví podmínky pro požadovanou změnu stavby a její nové využití nebo podmínky upravující vliv na životní prostředí, nároky na veřejnou dopravní a technickou infrastrukturu.

Rozhodnutí o změně stavby vyžadují:

- a. nástavby;
- b. přístavby;
- c. změny ve způsobu užívání stavby, které podstatně mění nároky stavby na okolí;

Rozhodnutí o změně stavby ani územní souhlas nevyžadují:

- a. stavební úpravy;
- b. udržovací práce.

3.2.2 Posuzování vlivů na životní prostředí v územním řízení

Územní řízení se spojuje s vybranými postupy při posuzování vlivů na životní prostředí podle zvláštního právního předpisu v případě, že příslušným úřadem je krajský úřad a varianty řešení záměru z hlediska umístění se nezpracovávají. V tomto případě se postupuje podle zákona upravujícího posuzování vlivů na životní prostředí a tohoto zákona; jde-li o veřejné projednání, postupuje se podle § 22 a §23 SZ obdobně.

Příslušný úřad nejdéle do 30 dnů ode dne veřejného projednání zašle stanovisko k posouzení vlivů provedení záměru na životní prostředí stavebnímu úřadu. Stavební úřad toto stanovisko bezodkladně zveřejní a pokračuje v řízení podle § 92 SZ.

3.2.3 Stavby, terénní úpravy, zařízení nevyžadující stavební povolení ani ohlášení

Stavební povolení ani ohlášení stavebnímu úřadu nevyžadují:

- a. vedení technického zařízení uvnitř budov a jejich stavební úpravy;
- b. stavební úpravy, pokud se jimi nezasahuje do nosných konstrukcí stavby, nemění se vzhled stavby ani způsob užívání stavby, nevyžadují posouzení vlivů na životní prostředí a jejich provedení nemůže negativně ovlivnit požární bezpečnost; [Cit. L1][L1].

3.3 Energetický zákon

3.3.1 Podmínky podnikání a výkon státní správy v energetických odvětvích - obecná část

Předmět úpravy:

Energetický zákon (dále jen „EZ“) zapracovává příslušné předpisy Evropských společenství, a zároveň navazuje na přímo použitelné předpisy Evropských společenství. Upravuje podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.

Vymezení pojmů pro výrobce elektrické energie z OZE (dále jen „Výrobce“):

Pro účely tohoto zákona se rozumí:

- ❖ energetická služba - činnosti, které vedou ke zvýšení energetické účinnosti a k úsporám primární energie;
- ❖ vymezené území - území, na němž držitel licence na výrobu a distribuci elektřiny vykonává licencovanou činnost;
- ❖ distribuční soustava (dále jen „DS“) - vzájemně propojený soubor vedení;
- ❖ elektrická přípojka - zařízení, které začíná odbočením od spínacích prvků;
- ❖ elektrizační soustava - vzájemně propojený soubor prvků a technologických zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, včetně elektrických přípojek, přímých vedení, a systémy měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky;
- ❖ měřicí zařízení;
- ❖ odběrné místo - místo, kde je instalováno odběrné elektrické zařízení jednoho zákazníka, do něhož se uskutečňuje dodávka elektřiny;
- ❖ zákazník - je určená fyzická osoba (dále jen „FO“) odebírající elektřinu odběrným elektrickým zařízením, které je připojeno k DS;
- ❖ výrobní elektřiny - energetické zařízení pro přeměnu různých forem elektrické energie na elektřinu, zahrnující všechna nezbytná zařízení;

Podnikání v energetických odvětvích:

Předmětem podnikání v energetických odvětvích je výroba elektřiny, přenos elektřiny, distribuce elektřiny a obchod s elektřinou. Podnikat v energetických odvětvích na území ČR mohou za podmínek stanovených tímto zákonem FO pouze na základě licence udělené ErÚ.

Licence:

Licence na výrobu elektřiny se uděluje nejvýše na 25 let, avšak v případě, že žadatel o licenci doloží vlastnictví nebo jiné užívací právo k energetickému zařízení, které má sloužit k výkonu licencované činnosti na dobu kratší než 25 let, licence se uděluje nejvýše na tuto dobu.

Podmínky udělení licence na výrobu elektřiny z OZE:

Podmínkou pro udělení licence FO je:

- a. dosažení věku 18 let;
- b. úplná způsobilost k právním úkonům;
- c. bezúhonnost;

FO, která žádá o udělení licence na výrobu, musí prokázat, že má finanční a technické předpoklady k zajištění výkonu licencované činnosti. FO žádající o udělení licence, je povinna doložit platné vlastnické nebo užívací právo k energetickému zařízení, které má sloužit k výkonu licencované činnosti. Energetické zařízení musí mít technickou úroveň odpovídající právním předpisům a technickým normám.

Za bezúhonného se pro účely tohoto zákona nepovažuje ten, kdo byl pravomocně odsouzen:

- a. pro trestný čin spáchaný úmyslně k nepodmíněnému trestu odnětí svobody v trvání alespoň 1 roku;
- b. pro trestný čin spáchaný úmyslně, jehož skutková podstata souvisí s podnikáním a na který se nevztahuje písmeno a), nebo;
- c. pro trestný čin spáchaný z nedbalosti, jehož skutková podstata souvisí s předmětem podnikání v energetice, pokud se na něho nehledí, jako by nebyl odsouzen;

Odbornou způsobilost pro udělení licence na výrobu podle § 4 EZ u výroby elektřiny z OZE do instalovaného výkonu výroby 20 kW není povinností prokazovat odbornou způsobilost.

Žádost o licenci:

Licence se uděluje na základě písemné žádosti. Žádost o udělení licence FO obsahuje:

- a. jméno a příjmení, trvalý pobyt, rodné číslo, pokud bylo přiděleno, nebo datum narození; ustanoví-li odpovědného zástupce, též tyto údaje týkající se odpovědného zástupce;
- b. předmět, místo a rozsah podnikání, seznam provozoven;
- c. identifikační číslo osoby (dále jen "identifikační číslo"), bylo-li přiděleno;
- d. požadovanou dobu, na kterou má být licence udělena, a navrhovaný termín zahájení výkonu licencované činnosti;

K žádosti se připojí:

- ❖ v případě fyzické osoby - osoby, která je statutárním orgánem nebo jeho členem tyto doklady nebo prohlášení nesmí být starší než 6 měsíců;
- ❖ doklady prokazující vlastnické nebo užívací právo k energetickému zařízení - doklady o umístění provozovny nebo vymezeného území;

Erů si za účelem prokázání bezúhonnosti žadatele vyžádá podle zvláštního právního předpisu výpis z evidence Rejstříku trestů.

Udělení licence:

Erú rozhodne o udělení licence na základě splnění podmínek pro její udělení podle § 5 EZ.

Rozhodnutí o udělení licence obsahuje:

- a. jméno a příjmení, jde-li o FO identifikační číslo, bylo-li přiděleno, sídlo nebo bydliště, rodné číslo a identifikační číslo;
- b. technické podmínky, které je držitel licence při výkonu licencované činnosti povinen dodržovat;
- c. termín zahájení výkonu licencované činnosti;
- d. dobu, na kterou je licence udělena, a den vzniku oprávnění k licencované činnosti;
- e. seznam provozoven, pro něž se licence uděluje;

Změny rozhodnutí o udělení licence:

Držitel licence je povinen neprodleně oznámit Erú změny podmínek pro udělení licence podle § 5 EZ a všechny změny týkající se údajů a dokladů, které jsou stanoveny jako náležitosti žádosti o udělení licence podle § 7 EZ. Na základě tohoto oznámení Erú rozhodne o změně rozhodnutí o udělení licence podle § 10 EZ.

Zánik licence:

Licence zaniká:

- a. u FO, smrtí nebo prohlášením za mrtvého;
- b. uplynutím doby, na kterou byla licence udělena;
- c. rozhodnutím Erú o zrušení licence;

Erú licenci zruší, pokud její držitel:

- a. přestal splňovat podmínky pro její udělení podle tohoto zákona;
- b. porušováním povinností stanovených tímto zákonem ohrožuje život, zdraví nebo majetek osob;
- c. při výkonu licencované činnosti závažným způsobem porušuje právní předpisy s touto činností související;

Erú může licenci zrušit, zjistí-li, že:

- a. její držitel nezačal výkon licencované činnosti v termínu stanoveném v rozhodnutí o udělení licence, nebo nevykonává licencovanou činnost po dobu delší než 24 měsíců;
- b. požádá-li držitel licence na činnosti, které jsou uvedené v § 3 o zrušení licence, je povinen pokračovat ve výkonu licencované činnosti po dobu stanovenou Erú. Tuto povinnost nemá, prokáže-li, že není schopen plnit své závazky vyplývající z udělené licence pro překážky, jež nastaly nezávisle na jeho vůli a které není s to vlastními silami překonat;
- c. FO, které licence zanikla, je povinna do 7 dnů ode dne převzetí oznámení o zániku licence vrátit originál rozhodnutí o udělení licence Erú. Toto ustanovení se nevztahuje na případy u FO smrtí nebo prohlášením za mrtvého;

Práva a povinnosti držitelů licencí:

Držitel licence je povinen:

- ❖ vykonávat licencovanou činnost tak, aby byla zajištěna spolehlivá a trvale bezpečná dodávka energie, pokud je mu tato povinnost uložena ve zvláštní části tohoto zákona;
- ❖ zajistit, aby k výkonu licencované činnosti byla používána technická zařízení, která splňují požadavky bezpečnosti a spolehlivosti stanovené právními předpisy a technickými normami;
- ❖ vykonávat licencovanou činnost tak, aby nedošlo k ohrožení života zdraví osob, majetku či zájmu na ochranu životního prostředí;
- ❖ při výkonu licencované činnosti uvádět pravdivé a úplné informace o podmínkách dodávek energie;
- ❖ zajistit, aby byly splněny povinnosti držitele licence podle tohoto zákona;

Výkon státní správy:

Výkon státní správy v energetických odvětvích náleží MPO, ErÚ, Státní energetické inspekci.

3.3.2 Zvláštní část - elektroenergetika

Účastníci trhu s elektřinou:

Účastníky trhu s elektřinou jsou:

- a. výrobci elektřiny;
- b. provozovatel přenosové soustavy;
- c. provozovatelé distribučních soustav;
- d. operátor trhu;
- e. obchodníci s elektřinou;
- f. zákazníci;

Výrobce elektřiny:

Výrobce elektřiny má právo:

- ❖ připojit své zařízení k elektrizační soustavě, pokud splňuje podmínky připojení k DS a obchodní podmínky stanovené Pravidly provozování elektrizační soustavy (dále jen „PPES“);
- ❖ dodávat elektřinu vyrobenou v jím provozované výrobně elektřiny ostatním účastníkům trhu s elektřinou;

Výrobce elektřiny je povinen:

- ❖ na své náklady zajistit připojení k DS svého zařízení;
- ❖ umožnit a uhradit instalaci měřicího zařízení PDS, ke které je výrobní elektřiny připojena;
- ❖ zpřístupnit měřicí zařízení PDS, ke které je výrobní elektřiny připojena;
- ❖ řídit se pokyny technického dispečinku PDS, ke které je výrobní elektřiny připojena;
- ❖ předávat operátorovi trhu technické údaje vyplývající ze smluv o dodávce elektřiny prostřednictvím subjektu zúčtování, který převzal odpovědnost za jeho odchylku;
- ❖ poskytovat PDS, ke které je výrobní elektřiny připojena, potřebné údaje pro provoz a rozvoj DS, a operátorovi trhu údaje potřebné pro plnění jeho povinností;
- ❖ předávat provozovateli soustavy, ke které je výrobní elektřiny připojena, informace nezbytné pro dispečerské řízení;
- ❖ dodržovat parametry kvality dodávané elektřiny stanovené PPES;

- ❖ podílet se na úhradě oprávněných nákladů PDS spojených s připojením výroby elektřiny;
- ❖ zaregistrovat se do 30 dnů od udělení licence na výrobu elektřiny u operátora trhu;
- ❖ zaregistrováním se Výrobce elektřiny stává registrovaným účastníkem trhu s elektřinou (dále jen „registrovaný účastník trhu“);
- ❖ poskytovat PDS informace nezbytné pro zajištění bezpečného a spolehlivého provozu a rozvoje ES;

Měření:

Měření v DS zajišťuje příslušný PDS. Měřením se zjišťuje množství dodané nebo odebrané činné nebo jalové elektřiny a jeho časový průběh. U zákazníků odebírajících elektřinu ze sítě nízkého napětí může být časový průběh nahrazen typovým diagramem dodávek.

Výrobci elektřiny, jsou povinni na svůj náklad upravit předávací místo nebo odběrné místo pro instalaci měřicího zařízení v souladu se smlouvou o připojení k DS (dále jen „SoP“) a s podmínkami obsaženými v PPDS.

Výrobci elektrické energie, mohou se souhlasem příslušného PDS pro vlastní potřebu a na svůj náklad osadit vlastní kontrolní měřicí zařízení. Toto měřicí zařízení musí být zřetelně označeno a musí být úředně ověřeno. Výrobci elektrické energie, jsou povinni závady na měřicích zařízeních, včetně porušení zajištění proti neoprávněné manipulaci, které zjistí, neprodleně oznámit příslušnému PDS. Jakýkoliv zásah do měřicího zařízení bez souhlasu příslušného PDS se zakazuje.

Výrobci elektřiny, jsou povinni umožnit PDS přístup k měřicímu zařízení a neměřeným částem odběrného elektrického zařízení za účelem provedení kontroly, odečtu, údržby, výměny či odebrání měřicího zařízení.

Poskytovatel DS na svůj náklad zajišťuje instalaci vlastního měřicího zařízení, jeho udržování a pravidelné ověřování správnosti měření a pro účely provedení odečtu, pokud je měřicí zařízení bez napětí, má právo uvést měřicí zařízení pod napětí na nezbytně nutnou dobu.

Je-li na měřicím zařízení, které je ve vlastnictví PDS, zjištěna závada, hradí náklady spojené s jeho přezkoušením a ověřením správnosti měření PDS. Není-li závada zjištěna, hradí tyto náklady ten, kdo písemně požádal o přezkoušení měřicího zařízení a o ověření správnosti měření [Cit. L2][L2].

3.4 Zákon o podpoře využívání OZE

3.4.1 Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie - obecná ustanovení

Předmět úpravy:

Tento zákon upravuje v souladu s právem Evropských společenství, jakým způsobem se bude podporovat výroba elektřiny z OZE a výkon státní správy a práva a povinnosti FO s tím spojené. Tento zákon má za účel zájmu - ochranu klimatu a ochranu životního prostředí:

- ❖ podpořit využití OZE;
- ❖ zajistit, aby se podíl OZE na spotřebě primárních energetických zdrojů trvale zvyšoval přispíval k šetrnému využívání všech přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti;
- ❖ vytvořit podmínky pro naplnění indikativního cíle podílu elektřiny z OZE na hrubé spotřebě elektřiny v ČR ve výši 8 % k roku 2010 a vytvořit podmínky pro další zvyšování tohoto podílu po roce 2010.

Základní pojmy:

OZE se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.

Pro účely výroby elektrické energie z OZE se rozumí:

- ❖ elektřinou z OZE - což je elektřina vyrobená v zařízeních, která využívají pouze OZE;
- ❖ zeleným bonusem - což je finanční částka navyšující tržní cenu elektřiny a hrazená regionálním PDS výrobcí elektřiny z OZE, zohledňující snížené poškození životního prostředí využitím OZE oproti spalování fosilních paliv;

Předmět podpory:

Podpora podle tohoto zákona (dále jen „podpora“) se vztahuje na:

- ❖ výrobu elektřiny z OZE ve výrobních elektřiny na území ČR připojených do ES ČR přímo, prostřednictvím odběrného místa nebo prostřednictvím jiné výroby elektřiny připojené k elektrizační soustavě ČR;
- ❖ podpora výroby elektřiny z OZE je stanovena odlišně s ohledem na druh OZE a velikost instalovaného výkonu výroby;
- ❖ v případě elektřiny vyrobené využitím energie slunečního záření se podpora vztahuje pouze na elektřinu vyrobenou ve výrobně elektřiny s instalovaným výkonem výroby do 30 kWp, která je umístěna na střešní konstrukci nebo na obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru;

Práva a povinnosti subjektů na trhu:

PDS jsou povinni na svém licenci vymezeném území přednostně připojit k DS zařízení podle § 3 tohoto zákona (dále jen "zařízení") za účelem přenosu nebo distribuce elektřiny z OZE, pokud o to Výrobce elektřiny z OZE požádá a pokud splňuje podmínky připojení k DS. Povinnost připojení zařízení Výrobce elektřiny z OZE vzniká provozovateli té DS, kde jsou náklady na připojení nejnižší, s výjimkou případů prokazatelného nedostatku kapacity zařízení pro distribuci nebo při ohrožení spolehlivého provozu DS. Výrobce elektřiny z OZE, na kterou se vztahuje podpora, má právo si vybrat, zda svoji elektřinu nabídne k výkupu nebo zda za ni bude požadovat zelený bonus. Změna tohoto výběru je možná nejdříve za rok poté, co si Výrobce závazně z těchto dvou možností jednu vybral a začal ji využívat. Změna výběru je prováděna vždy k 1. lednu následujícího kalendářního roku. PDS využívají elektřinu vykoupnou na krytí ztrát. V případě, že okamžitý výkon povinně vykupované elektřiny z OZE přesáhne objem elektřiny na krytí ztrát, je tento přesah hodnocen jako odchylka příslušného PDS.

Výrobce, který vyrábí elektřinu z OZE a uplatňuje nárok na úhradu zeleného bonusu, je povinen uzavřít smlouvu na dodávku elektřiny s jiným účastníkem trhu s elektřinou v souladu se zvláštním právním předpisem.

Podmínky podpory, výkupu a evidence výroby elektřiny z OZE:

Základním časovým úsekem pro výkup elektřiny z OZE je 1 hodina. Základním časovým úsekem pro vyhodnocování a zúčtování výkupu elektřiny z OZE je 1 měsíc. Předáním údajů o množství elektřiny z obnovitelných zdrojů regionálnímu PDS vzniká výrobcí nárok na úhradu zeleného bonusu stanoveného podle § 6 tohoto zákona.

Výrobce, který vyrábí elektřinu z obnovitelných zdrojů pro vlastní potřebu, je povinen předávat naměřené nebo vypočtené údaje o množství jím vyrobené elektřiny z obnovitelných zdrojů regionálnímu PDS. Splněním této povinnosti vzniká tomuto výrobcí nárok na úhradu zeleného bonusu a na vydání záruky původu podle § 4 tohoto zákona.

O uskutečněné výrobě a výkupu elektřiny z OZE předává její Výrobce naměřené nebo vypočtené údaje podle jednotlivých druhů OZE příslušnému regionálnímu PDS podle zvláštního právního předpisu.

Výše cen za elektřinu z obnovitelných zdrojů a zelených bonusů:

Erú stanoví vždy na kalendářní rok dopředu výkupní ceny za elektřinu z OZE samostatně pro jednotlivé druhy OZE a zelené bonusy tak, aby:

- ❖ byly vytvořeny podmínky pro naplnění indikativního cíle podílu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny ve výši 8 % v roce 2010;

Při stanovení výše zelených bonusů Erú přihlíží též k zvýšené míře rizika uplatnění elektřiny z OZE na trhu s elektřinou. Výkupní ceny stanovené Erú pro následující kalendářní rok nesmí být nižší než 95 % hodnoty výkupních cen platných v roce, v němž se o novém stanovení rozhoduje.

3.4.2 Odvod z elektřiny ze slunečního záření

Předmět odvodu z elektřiny ze slunečního záření:

Předmětem odvodu za elektřinu ze slunečního záření (dále jen „odvod“) je elektřina vyrobená ze slunečního záření v období od 1. ledna 2011 do 31. prosince 2013 v zařízení uvedeném do provozu v období od 1. ledna 2009 do 31. prosince 2010.

Subjekty odvodu:

Poplatníkem odvodu je Výrobce, pokud vyrábí elektřinu ze slunečního záření.

Základ odvodu:

Základem odvodu je částka bez daně z přidané hodnoty hrazená plátcem odvodu formou výkupní ceny nebo zeleného bonusu poplatníkovi odvodu za elektřinu ze slunečního záření vyrobenou v odvodovém období.

Osvobození od odvodu:

Od odvodu je osvobozena elektřina vyrobená ze slunečního záření ve výrobně elektřiny s instalovaným výkonem výrobní do 30 kW, která je umístěna na střešní konstrukci nebo obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru nemovitostí.

Správní delikty:

Provozovateli regionální DS, který nevykoupí elektřinu z OZE podle § 4 odst. 4 nebo neuhradí zelený bonus podle § 4 odst. 7 tohoto zákona, se uloží pokuta do 5 000 000 Kč. Výrobci, který předá nepravdivé měřené nebo vypočtené údaje PDS o množství jím vyrobené elektřiny z OZE podle § 5 tohoto zákon, se uloží pokuta do 5 000 000 Kč [Cit. L3][L3].

3.5 Podmínky připojení k elektrizační soustavě

Předmět úpravy:

Tato vyhláška stanoví podmínky připojení výroben elektřiny, DS a odběrných míst zákazníků k elektrizační soustavě a způsob stanovení podílu nákladů spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu. Hodnota připojovaného výkonu výrobní elektřiny v předávacím místě DS v kW snižena o hodnotu vlastní spotřeby elektřiny na výrobu elektřiny.

Podmínkami připojení zařízení žadatele k distribuční soustavě jsou:

- a. podání žádosti o připojení k DS;
- b. uzavření smlouvy o připojení k DS mezi žadatelem a PDS nebo změna stávající smlouvy o připojení k DS;

Výrobní elektřiny je rovněž možné připojit v odběrném místě. O připojení výrobní elektřiny v odběrném místě žádá zákazník. Žádá-li o připojení k distribuční soustavě žadatel, který je držitelem licence na výrobu elektřiny, rezervuje se pro předávací místo rezervovaný příkon i rezervovaný výkon.

Žádost o připojení zařízení k DS:

Žádost se podává pro každé odběrné nebo předávací místo zvlášť. Žádost o připojení zařízení žadatele k DS se podává:

- a. před výstavbou nebo připojením nového zařízení;
- b. v případě změny druhu výrobní elektřiny;
- c. v případě změny místa připojení výrobní elektřiny k DS;

Náležitosti žádosti o připojení odběrného elektrického zařízení k DS z napěťové hladiny nízkého napětí jsou uvedeny v příloze č. 4 k této vyhlášce.

Posuzování žádosti o připojení zařízení k DS:

PDS posuzuje žádost o připojení zařízení s ohledem na:

- a. místo a způsob požadovaného připojení;
- b. velikost požadovaného rezervovaného příkonu nebo výkonu a časový průběh zatížení;
- c. spolehlivost dodávky elektřiny;
- d. charakter zpětného působení zařízení žadatele na DS;
- e. pořadí podaných žádostí;

Nelze-li zařízení žadatele připojit z důvodů stanovených EZ, PDS písemně sdělí tuto skutečnost žadateli do 30 dnů od podání úplné žádosti o připojení. PDS zároveň uvede konkrétní důvody, pro které nelze zařízení žadatele připojit. Je-li však možné zařízení žadatele připojit za jiných podmínek a z obsahu žádosti nebo z okolností, za nichž byla žádost podána, lze předpokládat, že žadatel bude mít na takovém připojení zájem, PDS písemně takovou skutečnost žadateli sdělí, včetně důvodů, pro které nelze zařízení za požadovaných podmínek připojit. PDS navrhne připojení zařízení tak, aby technické provedení připojení zařízení vycházelo z plánovaného rozvoje soustavy při současném zohlednění zájmu žadatele na minimalizaci nákladů na připojení zařízení k DS. PDS rezervuje žadateli požadovaný výkon nebo příkon od okamžiku předložení návrhu smlouvy. Pokud žadatel nepřijme návrh smlouvy do 30 dnů pro připojení k napěťové hladině nn rezervace výkonu nebo rezervace příkonu zaniká.

Připojení zařízení žadatele k DS:

Připojení zařízení žadatele k DS se uskutečňuje na základě smlouvy o připojení.

Nevyžaduje-li připojení zařízení žadatele provedení stavebně technických opatření v DS, sjednají PDS a žadatel termín připojení výrobní elektřiny využívající sluneční záření s instalovaným výkonem do 30 kW tak, aby výrobní elektřina byla připojena nejpozději do 180 dnů ode dne uzavření smlouvy o připojení, v případě výrobní elektřiny využívající sluneční záření do 1 roku ode dne uzavření smlouvy o připojení. Pokud žadatel prokáže, že přes veškeré vynaložené úsilí nedošlo ve sjednaném termínu připojení k realizaci výrobní elektřiny z důvodů, které nastaly nebo existují nezávisle na jeho vůli, PDS sjedná s žadatelem prodloužení termínu připojení o nezbytně nutnou dobu.

Podíl žadatele o připojení zařízení k DS na oprávněných nákladech:

Podíl žadatele na oprávněných nákladech se vypočítá jako součin měrného podílu podle přílohy č. 6 k této vyhlášce. V případě připojování výroby elektřiny DS hradí vývodové vedení do místa připojení žadatel v plné výši [Cit. L4][L4].

3.6 Cenové rozhodnutí Erú

Erú podle § 2c zákona č. 265/1991 Sb., o působnosti orgánů ČR v oblasti cen, ve znění pozdějších předpisů, § 17 odst. 4 písm. d) a § 17 odst. 9 zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů, a § 6 zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z OZE a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání OZE), ve znění pozdějších předpisů, vydává cenové rozhodnutí o cenách elektřiny vyrobené z OZE, KVET a druhotných energetických zdrojů.

Pro elektřinu vyrobenou z OZE platí tyto výkupní ceny a zelené bonusy a určené podmínky. Výkupní ceny jsou stanoveny jako minimální ceny podle zvláštního právního předpisu. Zelené bonusy jsou stanoveny jako pevné ceny podle zvláštního právního předpisu. V rámci jedné výroby elektřiny nelze kombinovat režim výkupních cen podle bodu a režim zelených bonusů podle bodu. Výkupní ceny se uplatňují za elektřinu naměřenou a dodanou v předávacím místě výroby elektřiny a sítě PDS, které vstupuje do zúčtování odchylek subjektu zúčtování odpovědného za ztráty v regionální DS. Zelené bonusy se uplatňují za elektřinu naměřenou a dodanou v předávacím místě výroby elektřiny a sítě PDS Výrobcem obchodníkovi s elektřinou nebo zákazníkovi a dále za ostatní vlastní spotřebu elektřiny podle zvláštního právního předpisu. Zelené bonusy se neuplatňují za technologickou vlastní spotřebu podle zvláštního právního předpisu [Cit. L5] [L5].

Tab. č. 1.: Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny využitím slunečního záření od roku 2006 až 2011[Cit. L5]

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny - „přímý prodej“ v Kč/MW.h	Výkupní ceny - „zelený bonus“ v Kč/MW.h
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně uvedeným do provozu od 1.1.2011 do 31.12.2011	7500	6500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně uvedeným do provozu od 1.1.2010 do 31.12.2010	12500	11500
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj s instalovaným výkonem do 30 kW včetně uvedeným do provozu od 1.1.2009 do 31.12.2009	13420	12420
Výroba elektřiny využitím slunečního záření pro zdroj uvedený do provozu od 1.1.2006 do 31.12.2007	14660	13660

4. Podklady pro projekt nutné ke stavebnímu řízení

4.1 Fotovoltaický systém ve vazbě na Stavební zákon a související předpisy

Stavební úřad je jednou z nejdůležitějších institucí, kde investor předkládá svůj projekt k budoucí realizaci. Je samozřejmostí, že projekt musí být řádně vyhotoven, a musí splňovat a obsahovat veškeré potřebné schválení a doplňující dokumenty, aby při samotném rozhodování stavebního úřadu o výstavbě FVS nedošlo ke zbytečným průtahům. Předkladatel projektu, také musí počítat se zákonnou lhůtou k jeho vyřízení. Tyto podmínky se týkají z velké části všech projektů a technologií, jak na pozemcích, tak i na střešních prostorách [3].

4.2 Z hlediska umístění a povolení mohou nastat tyto případy

Zařízení pro výrobu elektrické energie jako součást technického vybavení nové stavby podléhá režimu povolované stavby. Zařízení pro výrobu elektrické energie instalované do střešního pláště, pokud nedochází ke zvýšení a rozšíření stavby, je možno považovat za stavební úpravu, která nevyžaduje podle § 81 odst. 3 písm. a) SZ územní rozhodnutí ani územní souhlas. Ve vazbě na § 103 odst. 1 písm. h) SZ nevyžadují stavební úpravy, pokud se jimi nezasahuje do nosných konstrukcí stavby, nemění se vzhled stavby ani způsob užívání stavby. K těmto stavbám se nevztahuje posouzení vlivů na životní prostředí. A jejich provedení nemůže negativně ovlivnit požární bezpečnost. Zařízení pro výrobu elektrické energie instalované na pozemku, § 103 odst. 1 písm. b) bod 4 SZ, vyžaduje územní rozhodnutí nebo za podmínek § 96 SZ územní souhlas a stavební povolení [Cit. 3].

4.3 Fotovoltaické elektrárny

FV elektrárny jsou zařízeními technické infrastruktury, tedy:

- ❖ jedná se o zařízení pro výrobu;
- ❖ možnost umístění pouze do zón určených územním plánem pro výrobu viz. metodický pokyn ministerstvo místního rozvoje ČR;
- ❖ vyžadují územní rozhodnutí a stavební povolení, uzavření veřejnoprávních smluv nahrazující územní rozhodnutí dle § 78 odst. 3, 4, 5 Sb. a stavební povolení dle § 116 Sb., nebo
- ❖ nevyžaduje stavební povolení ani ohlášení stavby pokud se nebude muset zasahovat do nosných konstrukcí stavby, nebude se měnit její vzhled ani způsob užívání této stavby.

V tomto případě je potřeba mít zajištěn souhlas obce s výstavbou fotovoltaické elektrárny a stavební povolení je možné nahradit certifikátem autorizovaného inspektora podle § 116 Sb.

Uvedený výčet, není možno považovat za zcela úplný a byl upraven dle metodické pomůcky Ministerstva pro místní rozvoj k umísťování, povolování a užívání fotovoltaických staveb a zařízení, která byla dne 26. 1. 2006 zveřejněna na webových stránkách Ministerstva pro místní rozvoj. Seznámení se s touto pomůckou je doporučováno všem investorům. Při výstavbě větších FVS je nutné zmínit, že při získání potřebných stavebních povolení, ohlášení stavby či územní rozhodnutí je nutné k těmto dokladům přiložit vyjádření příslušného úřadu - odboru životního prostředí. Odbor životního prostředí se vyjádří ke stavbě. Vyjádřením odboru životního prostředí obsahuje informace jak nakládat s odpady a zdali, nejsou dotčeny zájmy ochrany životního prostředí [3].

4.4 Umisťování, povolování a užívání FV systémů

Zařízení nebo stavba, která slouží pro výrobu elektrické energie z OZE, a sice ze slunečního záření je ve smyslu ustanovení § 2 odst. 2 písm. a) bod 20 EZ výrobnou elektrické energie. Výroba elektrické energie spadá pod podnikání dle § 3 odst. 1 EZ. Ve smyslu § 2 odst. 1 písm. k) bod 2 a 3 odst. 2 SZ není možné stavbu nebo zařízení pro výrobu elektrické energie v OZE považovat za veřejnou technickou infrastrukturu, a z tohoto důvodu není možné při posuzování záměru využít např. ustanovení § 18 odst. 6 SZ a umístit výrobu elektrické energie na nezastavitelných pozemcích vycházející z § 2 odst. 1 písm. e) SZ.

Stavbu či výrobní zařízení z OZE nelze v žádném případě považovat za „zařízení, které je příslušenstvím a nebo tvoří součást energetické soustavy“ ve smyslu ustanovení § 103 odst. 1 písm. b) bod 4 SZ [Cit. 3].

Na území obce, která nemá platný územní plán:

Na pozemku v nezastavěném území podle § 18 odst. 5 a § 188a SZ není možné umístit FVE. Na pozemku v zastavěném území podle § 20 odst. 2 vyhlášky č. 501/2006 Sb., ve znění vyhlášky č. 269/2009 Sb., lze v zastavěném území obce, která nemá zhotoven územní plán, územní plán obce, regulační plán popřípadě dokumentaci územně plánovací sídelního útvaru nebo zóny, vymezovat pozemky a umísťovat stavební objekty a stavby pro bydlení, pro rodinnou rekreaci, stavby občanského vybavení souvisejícího a slučitelného s bydlením, rekreací a stavby technické a dopravní infrastruktury, na pozemcích, které jsou určeny jako veřejná prostranství. Vymezování jiných pozemků a umísťování dalších staveb na nich je možné, jen za předpokladu, že stavební objekty nesnižují kvalitu životního prostředí nad limitní hodnoty stanovené zákonem. Při splnění těchto požadavků, je možné FVE umístit. Umístění vyžaduje vydání územního rozhodnutí [Cit. 3].



Obr. č. 21.: FV elektrárna o výkonu 100 kW umístěná na území obce s platným územním plánem

Na území obce s platným územním plánem:

Dle § 43 odst. 5 SZ stanovuje závaznost územního plánu pro územní rozhodování, a sice pro vydávání územních rozhodnutí. Z hlediska cílů územního plánování stanovuje územní plán hlavní, přípustné, nepřípustné případně podmíněné přípustné využití konkrétních ploch daného území. Umístění FVE je umožněno zejména ve výrobních a smíšených výrobních plochách.

Na pozemku v nezastavěném území se dle ustanovení § 18 odst. 5 SZ uplatní i v obcích, které mají územní plán, avšak tento plán nesmí jít nad rámec tohoto ustanovení. Je možné pouze zpříšňovat umisťování staveb a stavebních objektů v ustanovení § 18 odst. 5 SZ uvedených.

Na pozemku v zastavěném území a ploše je možné stavby FVE umístit pouze v souladu s územním plánem. Umístění vyžaduje vydání územního rozhodnutí, toto rozhodnutí je možné nahradit veřejnoprávní smlouvou dle § 116 SZ.

Užívání FVE umístěných v prostorech viz. 6. 5. a), b) vyžaduje kolaudační souhlas [3].

Menší FVE připojené k DS a ostrovní provozy instalované na zastavěném stavebním pozemku:

Mezi jedno z technických zařízení objektu patří zásobování objektu elektrickou energií, a spolu s dalšími technickými vybaveními zabezpečuje způsob využití objektu, pro který byl navržen a proveden a ke kterému bylo následně povoleno i jeho užívání. Podle § 6 odst. 1 vyhlášky 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, závisí na typu objektu či stavby a jejich potřeb jakým způsobem budou napojeny na vodní zdroj či vodovod pro veřejnou potřebu nebo pro hašení požárů, zařízení pro zneškodňování odpadních vod, energetické a komunikační sítě. Dle § 8 vyhlášky 268/2009 Sb. musí být stavba navržena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro určené využití a aby plnila požadavky, kterými jsou mechanická odolnost a stabilita, požární bezpečnost, BOZP, respektování ŽP, ochrana proti hluku, bezpečnost při užívání a samozřejmě úspora energie a tepelná ochrana, s odkazem na zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií a na vyhlášku č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov.

Vzhledem k těmto poznatkům se menší FV systémy připojené do DS, jejichž vyrobená elektrická energie je spotřebována přímo v dané stavbě a případné přebytky jsou prodány PDS nebo je vyrobená energie určená k přímému prodeji PDS a od něj je po té odkupuje elektrická energie pro vlastní spotřebu objektu. Případně FVS, které vyrobenou energii spotřebovávají přímo, jelikož nemají možnost mít přípojku k DS, tzv. ostrovní provozy, jsou posuzovány jako technická zařízení stavby.

Umístění těchto FVS je určeno pro instalaci vně stavby na pozemku a záměr je změnou území, proto podléhá územnímu rozhodnutí. Při posouzení umístění stavby na pozemku je třeba vycházet z možností daných zejména platnou vyhláškou č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území. Pozemky staveb pro bydlení: pozemky rodinných domů, bytových domů. Toto technické zařízení je možné na pozemku umístit a územní rozhodnutí lze nahradit územním souhlasem.

Pozemky staveb určené k rodinným rekreačním účelům: na takových to pozemcích lze umístit zařízení uvedené v § 103 SZ, avšak toto zařízení tyto požadavky nesplňuje a proto nevyhovuje. Je však umožněna výjimka pro umístění takového technického zařízení do rodinného rekreačního prostoru, avšak nelze nahradit územní rozhodnutí územním souhlasem [3].

Na pozemku jiné stavby:

Při respektování na vymezení a využívání pozemků a umístování staveb na nich dle platné vyhlášky č. 501/2006 Sb. lze technické zařízení stavby umístit. Při volbě umístění se postupuje dle § 76 SZ. Územní rozhodnutí je možné nahradit územním souhlasem nebo veřejnoprávní smlouvou. FVS, které jsou technickým zařízením stavby („domovním“ zařízením stavby), je možné tyto FVS posoudit dle § 103 odst. 1 písm. b) bod 2 SZ, jako záměr, který pro svoji realizaci nevyžaduje stavební povolení ani ohlášení stavby. Užívání tohoto FVS nevyžaduje oznámení stavebnímu úřadu ani kolaudační souhlas [3].

Menší FVE připojené k DS a ostrovní provozy instalované na stavbě či objektu:

Podobně jako u FVS které jsou postaveny na zastavěných stavebních pozemcích a jejich účel je zásobování objektu elektrickou energií. Patří také FVS umístěný na stavbě či objektu mezi technická zařízení a je jejich nedílnou součástí a spolu s dalšími technologiemi určuje způsob jejich využití, pro které byla navržena a provedena a ke kterým bylo následně povoleno i jejich užívání.

Pokud je FVS instalován na stavbu nebo do stavby, jedná se o změnu dokončené stavby. Dle § 81 odst. 3 písm. a) SZ nevyžadují stavební úpravy rozhodnutí o změně stavby ani územní souhlas. Způsob povolení provedení FVS se posuzuje jednotlivě dle konkrétních navržených stavebních úprav. Za podmínek daných stavebním zákonem lze aplikovat § 103 odst. 1 písm. b) bod 2 nebo § 103 odst. 1 písm. h) SZ - provedení nevyžaduje stavební povolení ani ohlášení stavebnímu úřadu. Pokud nejsou splněny požadavky pro použití výše ustanovených ustanovení, jedná se o stavební úpravy, které vyžadují stavební povolení. Stavební povolení může být nahrazeno veřejnoprávní smlouvou.

Jestliže, byl FVS postaven dle § 103 SZ, nevyžaduje její užívání oznámení stavebnímu úřadu ani kolaudační souhlas. Dle § 122 odst. 1 SZ vyžaduje kolaudační souhlas stavba, jejíž vlastnosti nemohou budoucí uživatelé ovlivnit [3].



Obr. č. 22.: FV elektrárna o výkonu 25 kW instalována na objektu s plochou střechou - „zelený bonus“



Obr. č. 23.: FV elektrárna o výkonu 5 kW instalována na šikmé střeše rodinného domu - „zelený bonus“

5. Vytvoření vzorové dokumentace pro FV elektrárnu

Každá stavba či technologie, musí být zrealizována na základě projektové dokumentace. Při její realizaci, je zapotřebí, komplexně prověřit vztahy mezi stavbou jako takovou a okolí této stavby z hlediska vlastnických práv, požadavků občanských iniciativ, dále je také z hlediska kapacit veřejného technického vybavení a samozřejmě vlivů stavby na okolní prostředí. Protože se realizační činnost ve všech směrech dotýká širokého spektra práv dotčených fyzických i právnických osob je zřejmé, že tento realizační proces je velice důkladně regulován různými právními předpisy.

Ze stavebního zákona (dále jen „SZ“) vyplývá, že za projektovou dokumentaci se považuje dokumentace, která se přikládá k žádosti o stavební povolení podle § 109 nebo § 117 vyplývající z 183/2006 Sb. SZ nebo v našem případě se bude jednat o prováděcí dokumentaci, která se přidává k ohlášení stavby podle § 104 vyplývající z 183/2006 Sb. SZ [3].

V našem případě se bude přidávat k žádosti o připojení k distribuční soustavě PDS, jelikož FV systém umístěný na našem objektu na který se dle SZ neuplatňuje stavební povolení, územní rozhodnutí, územní souhlas, změna užívání stavby ani kolaudační rozhodnutí, můžeme na základě souhlasu obce s výstavbou FV systému a souhlasným stanoviskem o připojení k distribuční síti PDS začít s realizací FV systému na objektu.

5.1 Předprojektová příprava

5.1.1 Investiční záměr

Základní funkční využití :

FVE s instalovaným výkonem 14 kW (13,8 kW) je stavbou obnovitelného zdroje energie podle § 2 zák. č. 180/2005 Sb. využívající přírodního nefosilního zdroje, a to energii slunečního záření. Produkce FVE je určena pro vlastní spotřebu objektu s případným dodáváním drobných přebytků vyrobené energie do distribuční sítě (dále jen „DS“) energetické soustavy.

Účel užívání stavby:

Stavba je určena k výrobě elektrické energie z netradičního zdroje - sluneční energie. Stavba je navržena v souladu s vládním programem a závazky České republiky vůči Evropské Unii v části podpory vzniku netradičních elektrických zdrojů šetrných k životnímu prostředí a využívající přírodní zdroje. FV elektrárna bude vyrábět elektrickou energii, která bude spotřebovávána v místě objektu a případné přebytky budou vstupovat do DS ČEZ Distribuce, a.s. pro potřebu jiných odběratelů elektrické energie z DS. FVE bude pracovat v režimu „Zeleného bonusu“. Objekt, na kterém bude umístěna tato FVE je „Restaurace na koupališti“ a funkce FVE bude ulehčení s financováním za elektrickou energii, která je zde určena výhradně pro ohřev teplé vody a do budoucna, po opravách a rekultivaci sportovního areálu by se vyrobená energie spotřebovávala pro účely čističky koupaliště, sauny popřípadě jiných energetických spotřebičů.

5.1.2 Studie stavby

Umístění objektu:

Objekt budovy restaurace na koupališti se nachází v odlehlé části obce Vřesina u Hlučína, na ulici Sportovní 326/1, číslo parcelní: 831/5, katastrální území: Vřesina u Opavy - 786 691, okres: Opava

Popis objektu:

Na střešních prostorách zděné budovy restaurace na koupališti (dále jen „objekt“) je uvažována fotovoltaická elektrárna instalována po celém střešním prostoru o instalovaném výkonu 13,8 kW hodnotu zaokrouhlíme na 14 kW a tato hodnota bude již ve všech dokumentech uvažována jako výchozí hodnota instalovaného výkonu. Hodnotu jsme zaokrouhlili z důvodu navázání na požadavky PDS a ErÚ a sice zaokrouhlování na jednotky kW. Střešní prostory tvaru ploché střechy, jejichž krytina je zhotovena z falcovaných plechů. Dále se na této střechě vyskytuje střešní světlík, vyústění vzduchotechniky, televizní anténa a cihlový komín. Fotovoltaický generátor bude připevněn na Al/Fe konstrukcích Schletter, které budou ukotveny pomocí šroubů do střechy. Šrouby budou opatřeny zvláštním těsněním, aby nemohlo dojít k zatékání do střechy. Umístění na střešních prostorách bude pro instalaci fotovoltaického systému velice ideální z důvodu celodenního osvětlování slunečním zářením. Slunci zde nebrání žádné překážky.



Obr. č. 24.: Objekt „restaurace na koupališti“

Zaměření objektu :

Objekt se nachází v souřadnicích 49°94'94'' N severní šířky a 18°20'44'' E východní délky. Objekt je postaven ve směru JV 135 °. Střešní prostory objektu jsou obdélníkového tvaru o rozměrech: délka: 44,98 m; šířka: 7,86 m; výška: 3,6 m.

Na střešních prostorách se nachází: střešní světlík, vyústění vzduchotechniky, cihlový komín, avšak FVS bude navržen tak aby žádná ze zmíněných překážek nestínila. Na jižní straně objektu ve vzdálenosti 9 m se nachází vodní nádrž koupaliště. Na severní straně objektu ve vzdálenosti 2,2 m v nejbližším bodě se nachází příjezdová komunikace a za ní lesní porost



Obr. č. 25.: Snímek stanoviště fotovoltaického generátoru

Fotovoltaický geografický informační systém PVGIS:

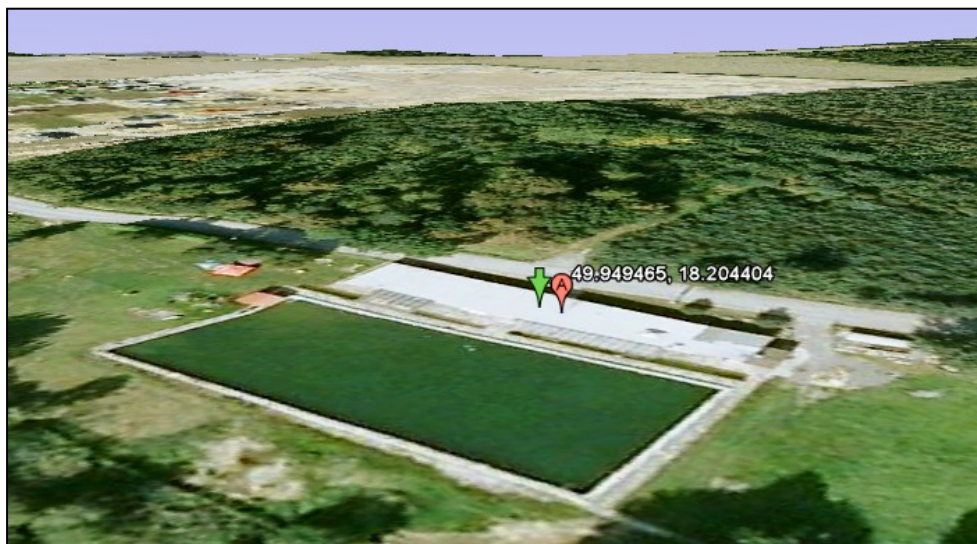
Rozhraní PVGIS: Tento vynikající projekt, umožňuje zjistit množství elektromagnetického záření, které dopadá na zemskou plochu a kalkulaci výroby elektřiny v konkrétním místě kdekoli v Evropě. Rozhraní PVGIS je výkonný nástroj pro návrh nových fotovoltaických elektráren. PVGIS se velice jednoduše aplikuje a je pro kohokoli zdarma.

Databáze CM-SAF: Nové databáze v PVGIS byla vypočtena ze slunečního záření údajů poskytnutých ze sledování klimatu pomocí satelitní aplikace (CM-SAF). Hodnoty slunečního záření byly odhadnuty z družicových snímků. Data jsou relativně nová, od roku 1998 do poloviny roku 2010. Algoritmus, který vypočítává sluneční záření dopadající na Zemi, mohl mít jisté odchylky v měření při sněžení či bouřím které mohou mít určitý vliv na výsledek. Tým CM-SAF usilovně pracoval, aby tyto chyby a odchylky minimalizoval, avšak stále určité odchylky existují. Předběžné ověření výpočtu algoritmu pomocí 18 stanic v Evropě ukázalo, že standardní odchylka v ročním dopadu slunečního záření je asi 5 %. PVGIS je určený proto, aby získal rychlý přehled o možnostech návrhu FVS ve vaší lokalitě a je vhodný výhradně pro malé FVS. Tato odchylka je přijatelná, pro návrh umístění FVS, avšak existuje spousta možných komplikací v návrhu FVS např. zastínění FVS jinými objekty, s tímto PVGIS nepočítá. Z toho vychází, že pro návrh musíme provést určitou studii stavby, která zachytí i veškeré ostatní problémy které by mohly vzniknout při návrhu FVS [14].

Produkce slunečního záření FVS na objektu připojeného k distribuční síti:

Nejdříve je zapotřebí zjistit přesnou polohu předpokládaného umístění FVS. Objekt má souřadnice 49°94'94'' N severní šířky a 18°20'44'' E východní délky.

Souřadnice zadáme do rozhraní PVGIS a zadáme naše vstupní hodnoty, jako jsou: špičkový instalovaný výkon, sklon a azimut modulů, ztráty (u nových technologií 9 - 11 %). Poté nastavíme to co požadujeme na výstupu a v jakém formátu. Zahájíme kalkulaci a uložíme si výstupní hodnoty, které budeme potřebovat při návrhu a odhadech.



Obr. č. 26.: Zaměření polohy v souřadnicích

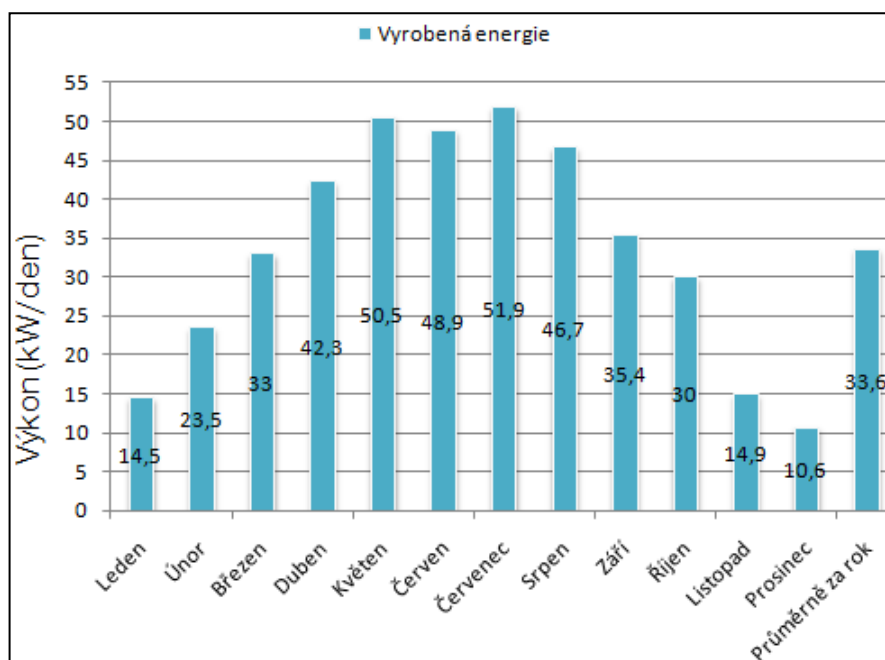
Výsledky produkce slunečního záření FVS na objektu připojeného k DS:

Mezi důležité výslednice PVGIS patří: střední hodnota denní produkce z FVS (E_d) během jednoho roku a ta se pohybuje od nejnižší hodnoty, která se vyskytuje v prosinci 10,6 kW.h a nejvyšší hodnota, která se vyskytuje v červenci 51,9 kW.h, střední hodnota měsíční produkce z FVS (E_m) během jednoho roku a ta se pohybuje od nejnižší hodnoty, která se vyskytuje v prosinci - 328 kW.h a nejvyšší hodnota, která se vyskytuje v červenci - 1610 kW.h, střední hodnota produkce z FVS celkem za rok 12 300 kW.h.

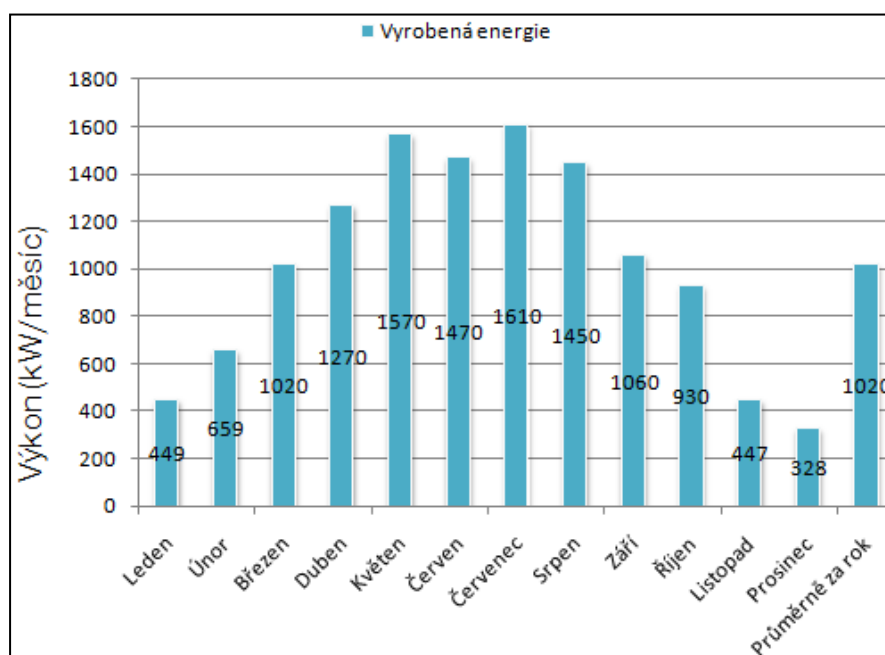
The screenshot displays the PVGIS web application. On the left, a map shows the location of Racibórz, Poland, marked with a red pin. The coordinates 49.949N, 18.2044E are entered in the search bar. The right panel shows the 'PV Estimation' settings. The radiation database is set to 'Climate-SAF PVGIS'. The PV technology is 'Crystalline silicon'. The installed peak PV power is 13.8 kWp. The estimated system losses are 9%. The fixed mounting options are set to 'Building integrated', with a slope of 30° and an azimuth of 0°.

Obr. č. 27.: Umístění výchozího bodu a zadání specifických hodnot [O12]

Graf. č. 3.: Průměrné množství vyrobené elektrické energie za den



Graf. č. 4.: Průměrné množství vyrobené elektrické energie za měsíc



Analýza zastínění:

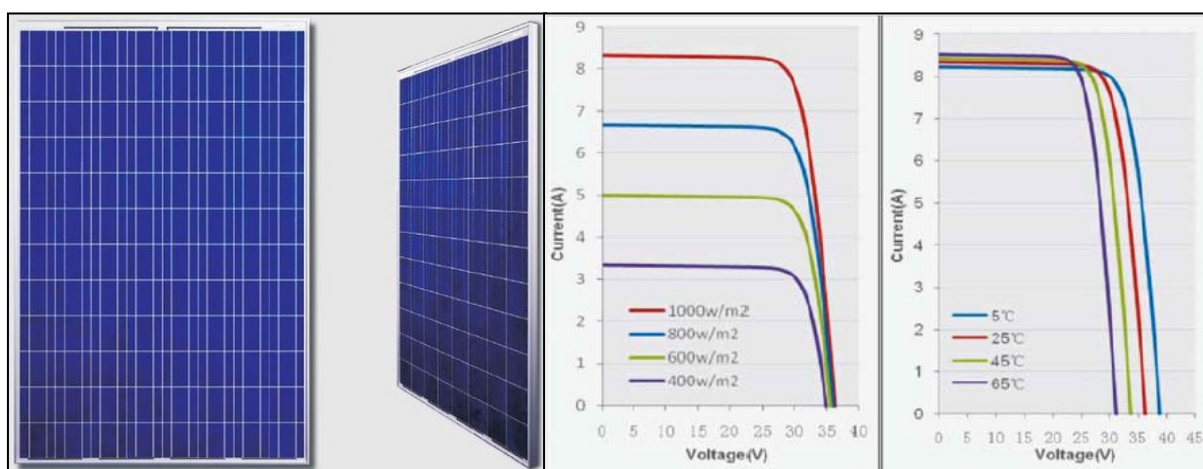
Mezi základní předpoklady dobrého energetického výnosu FVS, je zaručení toho, aby FV generátor byl co nejméně zastíněn. Zvláště negativně působí tzv. blízké stíny, např. vedení a antény umístěné přímo na objektech. Při zjištění takovéto skutečnosti, je třeba FVS navrhnout a rozmístit do prostoru takovým způsobem, aby případné zastínění bylo co nejmenší, v nejlepším případě žádné [3]. V případě našeho objektu byl FVS rozmístěn, takovým způsobem, aby nedošlo ke ztrátám v důsledku nedostatečného ozáření. Jediný stínící prvek budou jímací tyče oddáleného hromosvodu, avšak toto bude mít zanedbatelný vliv na vyrobené množství elektrické energie.

5.2 Projektová příprava

5.2.1 Stanovení typu FV modulů

Pro tento objekt, budou zvoleny FV moduly značky Canadian Solar Inc. (dále jen „CSI“), model CS6P (Canadian / Solar / 6x10 cell / Poly - crystalline). Tyto robustní FV moduly, s 60 články mohou být použity na aplikace pro připojení k distribuční síti. Jejich kvalitní použité materiály a výrobní postupy zaručují dlouhodobý výkon. Přísné kontroly při testování těchto modulů zaručují vysokou kvalitu.

Velmi pevný rám je dimenzován, na mechanické zatížení do tlaku 5400 Pa, který může vyvinout sněhová vrstva. Tento modul je spolehlivý v korozivním prostředí a byl jako první certifikován systémem řízení kvality ISO TS 16 949 od roku 2003. A společnost CSI vlastní soukromou testovací laboratoř, která je plně v souladu se zkušebními normami IEC, TUV a CE.



Obr. č. 28.: FV modul CSI CS6P 230 - 230Wp [O21]

Obr. č. 29.: V - A charakteristiky FV modulu [O21]

Složení:

- ❖ 60 článků - polykrystalických
- ❖ vysoce transparentní, teplotně stabilní tvrzené sklo
- ❖ lehký, eloxovaný Aluminiový rám
- ❖ vysoká efektivita za provozu
- ❖ připojovací konektory MC4 - IP 65 s ochranou proti záměně polarity

Parametry použitých panelů CSI CS6P 230:

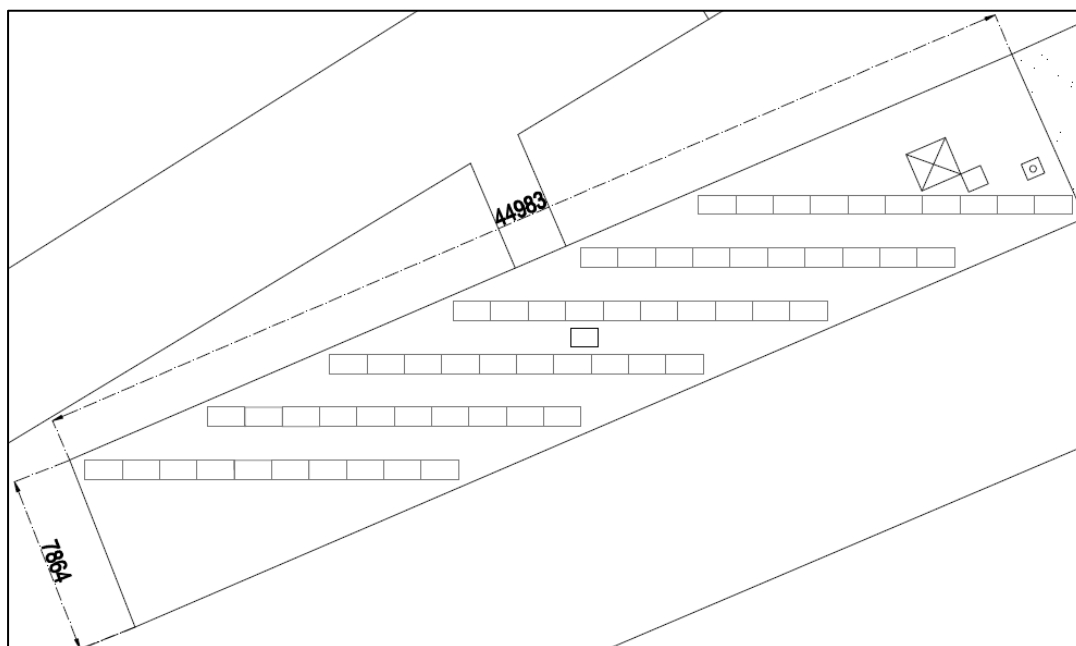
Označení dle výkonu	CS6P 230
Špičkový výkon	$P_{MAX} = 230 \text{ Wp}$
Optimální provozní napětí	$U_{MP} = 29,9 \text{ V}$
Optimální provozní proudu	$I_{MP} = 7,68 \text{ A}$
Napětí naprázdno	$U_{OC} = 36,8 \text{ V}$
Proud nakrátko	$I_{sc} = 8,34 \text{ A}$
Teplotní koeficient	$TP_{MAX} = -0,45 \% / ^\circ\text{C}$
Teplotní koeficient	$TU_{OC} = -0,35 \% / ^\circ\text{C}$
Teplotní koeficient	$TI_{sc} = 0,060 \% / ^\circ\text{C}$
Optimální teplota modulu	NOCT = 45 °C
Max. systémové napětí	$U_{MAX} = 1000 \text{ V}$
Výkonová tolerance	$\pm 5 \text{ W}$
Váha	$m = 18,5 \text{ kg}$
Rozměry	$d \times š \times v = 1642 \text{ mm} \times 994 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$

5.2.2 Odhad dimenzování plochy FV generátoru, přibližné určení výkonu

Objekt budova restaurace na koupališti zařadíme do kategorie FVS s instalovaným výkonem nepřesahujícím 30 kW a využijeme metodu zeleného bonusu dle pravidel o OZE. A v našem případě budeme vyrobenou energii přímo spotřebovávat a přebytky, které bychom nespotebovali, budou směřovat do distribuční sítě. V případě, že množství námi spotřebovávané energie z FVS přesáhne 60 %, má systém zeleného bonusu smysl. V našem případě budeme spotřebovávat skoro veškerou vyrobenou energii. Pro náš objekt, kde nám jeho plocha o velikosti 360 m² z důvodu pozice objektu dovoluje umístit 60 FV modulů CSI CS6P 230; 230 Wp o celkové ploše 96,5 m², špičkovém výkonu 13,8 kWp a azimutu FV modulů 0° J, bude instalovaný výkon pro tento objekt optimální.

$$P_i = 60 \cdot 230 \text{ Wp} = 13800 \text{ Wp}$$

(9)



Obr. č. 30.: Rozvržení FV generátoru na střešních prostorech objektu

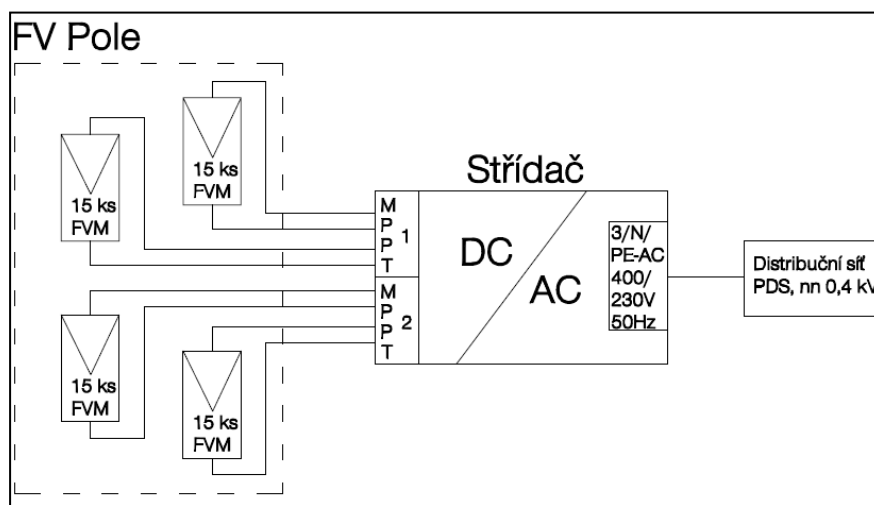
5.2.3 Stanovení koncepce FV systému a počtu střídačů

V rozsahu od 5 kW instalovaného výkonu se často používají centrální střídače, na které je připojeno několik sériových větví. U některých FV systému s problémy zastínění, nebo s různými orientacemi generátorů vedlo k použití větvových střídačů ke značným energetickým ztrátám. Proto výrobci vyvinuli různé koncepce střídačů, které pracují v kombinaci režimu větvového a centrálního zároveň.

Naše koncepce je navržena na základě jednoho centrálního střídače, který má dva nezávislé vstupy, díky kterým, můžeme do každého nezávislého vstupu připojit samostatné větve o stejných či různých parametrech napětí a proudu. Centrální řešení je v našem případě velice zajímavé, jelikož velikost FV generátoru jsme si rozpočítali na čtyři větve přímo na námi zvolený střídač.

Pro určení optimální výkonnosti - Evropské účinnosti střídače musíme vycházet z toho, že pokud se napětí a proud neustále mění v závislosti na počasí, musí střídač stále dostavovat svůj pracovní bod. Abychom toho dosáhli, používá se ve střídačích elektronika, která napětí řídí tak, aby střídač vždy pracoval v bodě maximálního výkonu solárního generátoru MPP.

Ve středoevropském klimatu se většina energie vyrábí ve střední hodnotě rozsahu jmenovitého výkonu FV generátoru. Proto výrobci střídačů optimalizují jejich účinnost pro provoz s částečným zatížením. Evropská účinnost je parametr, který velice dobře popisuje účinnost střídače v reálném provozu. Evropská účinnost představuje účinnost váženou dle středoevropského klimatu, avšak vztaženou na hodinové klimatické údaje. Moderní střídače dosahují Evropské účinnosti 92 % až 97,5 %.



Obr. č. 31.: Koncepce fotovoltaického generátoru s centrálním střídačem

5.2.4 Volba umístění a dimenzování střídačů

Místo instalace:

Pro volbu umístění střídače je rozhodující, aby byly splněny podmínky prostředí požadované Výrobcem. Ideální místo pro instalaci střídače je chladný, suchý a bezprašný interiér.

Větrací otvory a chladiče střídače, musí zůstat za každou cenu volné, aby bylo zajištěno optimální chlazení. Při instalaci více střídačů je nepřípustné instalovat je nad sebou. Vždy musí být instalovány takovým způsobem, aby měli nad i pod sebou volný prostor z důvodu pasivního chlazení.

I při nárůstu používání střídačů pro venkovní instalaci s krytím IP 54 a vyšší, se stále doporučuje chránit střídače alespoň před slunečním zářením, k zabezpečení délky jejich životnosti. V našem

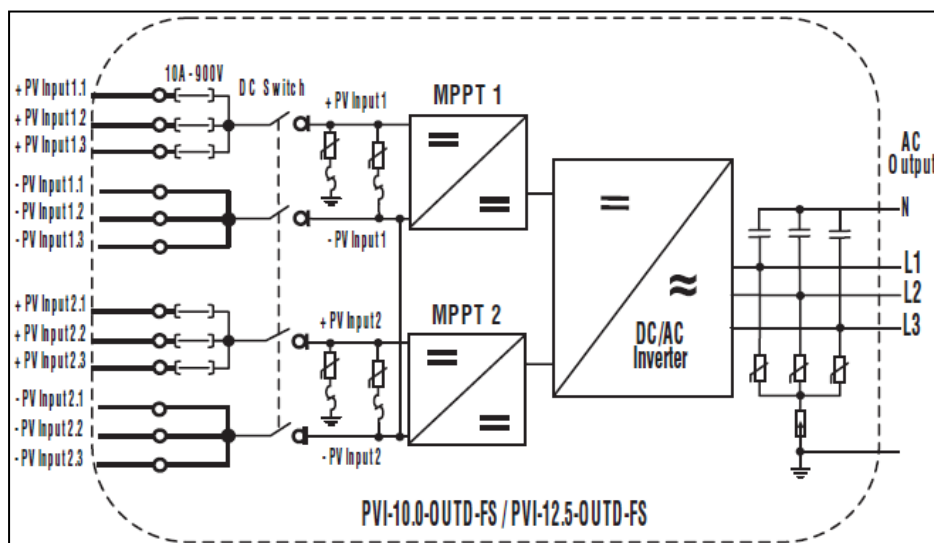
případě bude střídač umístěn v technické místnosti, s vlastním odvětráváním, minimální prašností a relativně stálou celoroční teplotou.

Vzájemné přizpůsobení FV generátoru a střídače:

Výkonové parametry FV generátorů a střídačů musí být optimálně vzájemně přizpůsobeny. Aby bylo možné střídač optimálně přizpůsobit FV generátoru, je velice důležité znát závislost FV modulů na teplotě a na ozáření. Napětí FV generátoru velmi závisí na teplotě. Instalovaný výkon FV modulů o velikosti 13,8 kW se rovná součtu výkonů jednotlivých FV modulů naměřený při STC. Avšak skutečný výkon vystupující z FV modulů v podmínkách závislých na okolním prostředí může být až o několik jednotek až desítek procent nižší. Záleží zde na kvalitě materiálů použitých pro výrobu těchto modulů a na použité technologii. Samotný střídač již energii dodanou FV generátorem transformuje, se ztrátou do 10 %. Závisí to opět na jednotlivých střídačích. V případě našeho střídače může účinnost dosáhnout hodnoty 97,7 %, z čehož vyplývá, že ztráta transformací je < 3 %.

Volba střídače určení charakteristických hodnot:

Pro FVS umístěný na objektu bude zvolen střídač značky Power - One, typu Aurora, typové číslo PVI - 12,5 - OUTD - S - CZ. Střídač Aurora je takové zařízení, které je schopné zásobovat elektrickou distribuční síť pomocí energie získané z FV modulů. FV moduly, na které dopadá elektromagnetické záření, přemění toto záření pomocí polovodičových prvků na stejnosměrnou elektrickou energii (DC). Tato elektrická energie může být však použita pro zásobování distribuční sítě pouze ve formě střídavé elektrické energie (AC). Tuto přeměnu známou jako konverzi DC/AC účinně provede střídač Aurora, bez jakéhokoliv uplatnění rotačních prvků, pouze prostřednictvím statických elektronických zařízení. Při použití střídače paralelně se sítí, proudí střídavý proud ze střídače Aurora přímo do distribučního obvodu objektu, jenž je připojen na veřejnou distribuční síť. To znamená, že zásobuje veškeré připojené spotřebiče; světelné a zásuvkové okruhy, zásobníkové ohříváče vody a např. venkovní osvětlení objektu. V případě že vyrobená elektrická energie z FVS je na poklesu, množství elektrické energie potřebné pro standardní provoz připojených spotřebičů bude odebíráno z veřejné distribuční sítě. Jestliže, dojde k opačnému problému, tzn. přebytek vyrobené energie, bude tato energie okamžitě vložena do sítě a tímto se stane dostupnou také pro další spotřebitele elektrické energie.



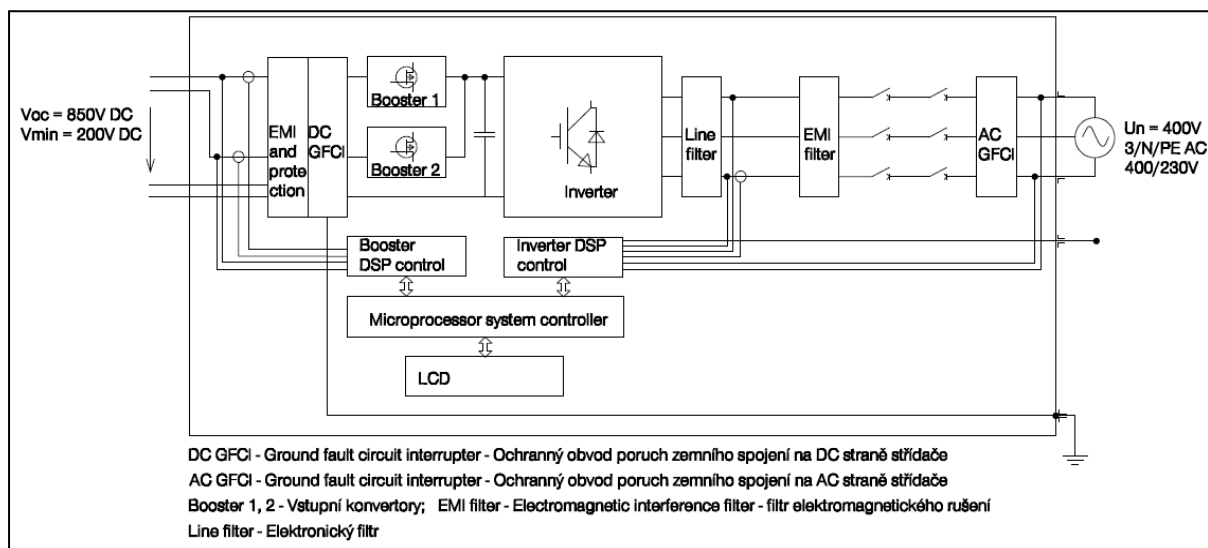
Obr. č. 32.: Funkční schéma střídače se zabudovaným spínačem a polovodičovými pojistkami [6]

Napětí, které vstupuje do střídače Aurora, nesmí přesáhnout hodnotu DC napětí 850 V, jinak hrozí snížení životnosti a poškození zařízení. Přesáhnutí této hodnoty zapříčiňuje vznik alarmu na střídači. Minimální vstupní DC napětí pro spuštění střídače Aurora je 200 V; DC napětí potřebné pro spuštění dodávek do sítě je nastavitelné od 250 V - 500 V a ve střídači je standardně nastavené na 360 V. Jakmile se střídač Aurora zapojí, přenáší energii do sítě při jakékoliv hodnotě vstupního napětí, v rozsahu mezi 70 % nastaveného napětí a hodnotou maximálního vstupního napětí 850 V. Taktéž proud každé PV větve se musí pohybovat v mezích střídače. Pro střídač Aurora je dovolen maximální DC proud pro každý MPPT vstup 18 A. [6]

Střídač Aurora je schopen obsluhovat dvě nezávislá pole. Každý střídač Aurora dodává do sítě maximální možný výkon z vlastního oddílu FV modulů. Rozhodnutí vztahující se na strukturu FVS závisí na několika činitelích a musí být uvaženo v závislosti na typu FV modulech, prostoru k dispozici, umístění FVS a cíle výroby z dlouhodobého pohledu. Pro zvolení optimálního řešení FVS a střídače bude použit program Aurora Designer ver. 3. 8. 2.

Technický popis střídače Aurora:

Obrázek č. 33 znázorňuje blokové schéma střídače Aurora. Základní bloky jsou určeny vstupními konvertory DC-DC tzv. boostery a výstupním střídačem. Oba konvertory DC-DC a výstupní střídač fungují při vysoké spínací frekvenci, což umožňuje malé rozměry a relativně nízkou hmotnost. Tento typ střídače Aurora nefunguje na bázi transformátoru bez galvanické izolace mezi vstupem a výstupem, což umožňuje další zvýšení účinnosti střídače. I když je střídač Aurora bez izolačního transformátoru, tak je kompletně vybaven zabezpečovacím zařízením nutným pro bezpečný provoz a v souladu se všemi bezpečnostními předpisy. Blokové schéma zobrazuje model Aurora PVI - 12,5 - OUTD - S - CZ se svými dvěma vstupními konvertory DC - DC, kde každý z nich je určen pro jedno pole s nezávislým řízením a vyhledávání bodu maximálního výkonu MPPT (Maximum Power Point Tracker). Z toho vychází, že dvě pole FVS mohou být instalovány v rozdílných směrech a polohách. Každé pole je řízeno vlastním řídicím obvodem MPPT. Zásadou vysoké účinnosti střídače Aurora, je dobře navržený chladič, díky kterému, je střídač schopen dodávat maximální výkony pracovat v širokém rozsahu teploty okolí. Střídač je kontrolován dvěma nezávislými DSP (Digital Signal Processors) a centrálním mikroprocesorem. Připojení k distribuční síti je tudíž řízeno dvěma nezávislými počítači. Operační systém Aurora vykonává komunikační operace s jednotlivými komponenty a provádí rozbor dat. Prostřednictvím těchto kvalit je zaručen optimální provoz celého FVS a vysoká účinnost za všech podmínek slunečního záření a zatížení, vždy s ohledem na příslušné normy, předpisy a směrnice [6].



Obr. č. 33.: Blokové schéma střídače Aurora [6]

5.2.5 Konfigurace střídače Aurora

Pro konfiguraci střídače Aurora a FVS bude použit program Aurora Designer ver. 3. 8. 2. Tento program nám usnadní návrh a výpočet vstupních a výstupních parametrů.

Při návrhu optimálního zatížení střídače nadefinujeme tyto požadavky:

Krok 1:

typ a počet FV modulů - CSI CS6P 230Wp; 60 kusů,

typ střídače PVI Aurora - 12,5 - OUTD - S - CZ,

umístění FVS - střešní instalace,

minimální a maximální teplotu okolí - $T_{MIN} = -22^{\circ}\text{C}$; $T_{MAX} = 50^{\circ}\text{C}$,

odhadovaný ztrátový koeficient FV modulů dle podnebí - 0,925,

Krok 2:

provoz MPPT - nezávislé

MPPT 1 - 15 FV modulů v sérii; 2 paralelní větve,

MPPT 2 - 15 FV modulů v sérii; 2 paralelní větve,

Výslednice programu Aurora Designer:

Výsledky - Parametry velikosti pole	
Rozsah konfigurace (Výnimky)	12-56 (15-23)
Min. Modulů sériově/řetězec	13
Max. Modulů sériově/řetězec	19
Max. Paralel. Řetězců na MPPT	2
Max. Modulů/MPPT	38
Max. Modulů/Střídač	67
Cílové zatížení střídače STC (W)	15333
Max. Paralel. Řetězců (Paralel MPPT)	2

Obr. č. 34.: Zadané parametry FV generátoru [7]

Výsledky - Specifikace střídače	
Model #	PVI-12.5-OUTD (N/A for US)
Špičkový výst. Výkon	13800
Nominální výstupní výkon	12500
Výstupní výkon @ 40°C	12500
Max. Napětí Voc	850
Max. Napětí MPPT	750
Min. Napětí MPPT	200
Spouštěcí napětí	360
Nominální proud MPPT (A/kanál)	18
Počet kanálů MPPT	2
Nominální výkon MPPT (W/kanál)	8000
Účinnost střídače	0,973

Obr. č. 35.: Elektrické parametry střídače [7]

Výsledky - Nastavení systému	
Celkový výkon na vstupu (STC W)	13800
Celkový DC vstupní výkon (STC W)	12765
Max. Odhadovaný výstup střídače	12420
Celkový počet modulů	60
Celkový výkon na vstupu (STC W) / Nominální výstu	110,40%
Celkový výkon na vstupu (STC W) / Špičkový výst. V	100,00%
Celkem modulů MPPT1	30
Celkový výkon na vstupu (STC W)	6900
Celkem modulů MPPT2	30
Celkový výkon na vstupu (STC W)	6900

Obr. č. 36.: Výslednice programu Aurora Designer [7]

Výsledky - Kontrola parametrů napětí a proudu			
	MPPT1		MPPT2
VocMax (V) < 850V @ -22 C	640 ok		640 ok
VocMax (V) < Max. systémové napětí @ -22 C	640 ok		640 ok
VocMin (V) > Spouštěcí napětí @ 50 C	439 ok		439 ok
VmpTyp (V) @ 25 C Okolí	391 ok		391 ok
VmpMax (V) @ -22 C	515 ok		515 ok
VmpMin (V) > 200 V @ 50 C	353 ok		353 ok
Max. Proud MPPT (A)	16,21 ok		16,21 ok
MPPT Výkon STC (W)	6900 ok		6900 ok

Obr. č. 37.: Výslednice programu Aurora Designer [7]

Tyto výsledky využijeme při návrhu vodičů a kabelů, jističích a vypínacích prvků FVS. Avšak pouze jako orientační, je důležité, ujistit se výpočty.

Mezi základní výsledky, můžeme zařadit tyto hodnoty:

Parametry velikosti pole:

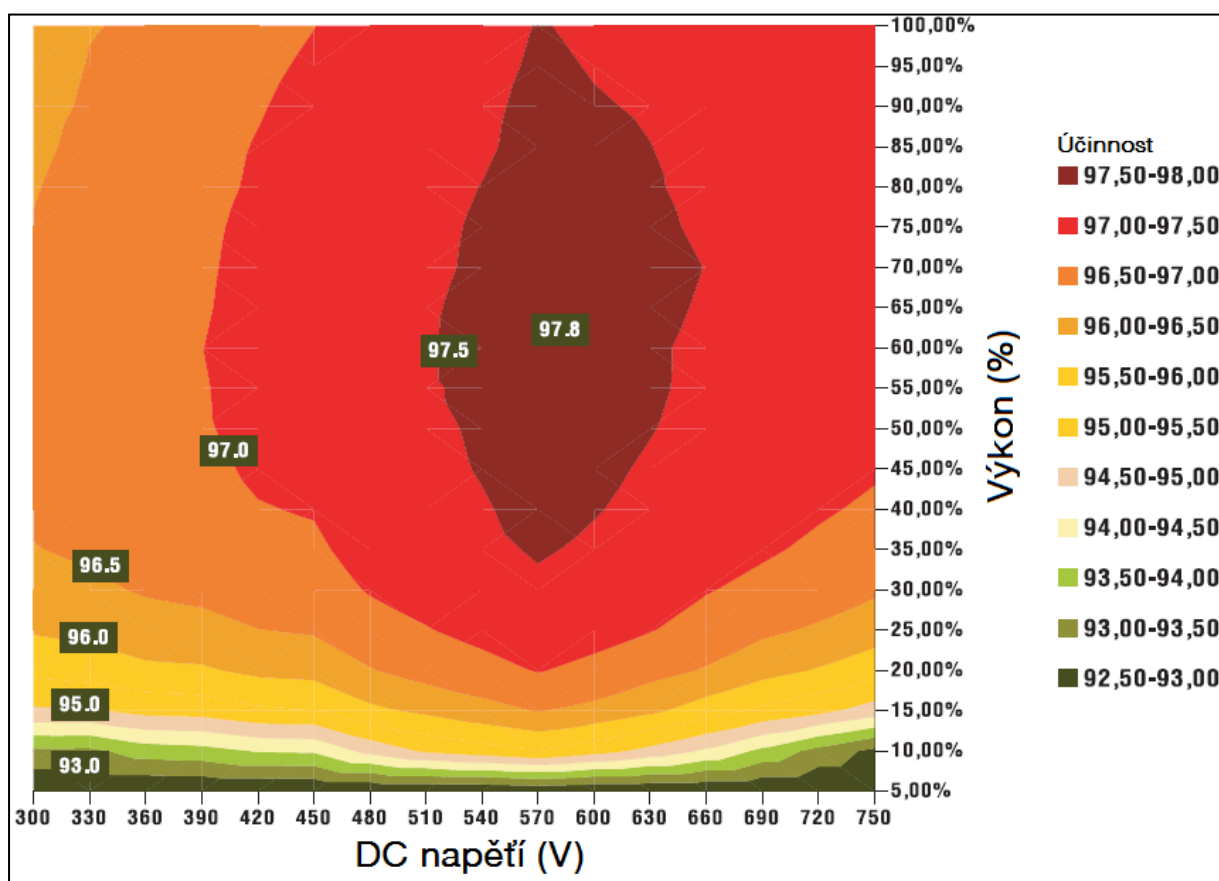
- ❖ maximální dovolený instalovaný výkon střídače (STC) - 15,333 kW
- ❖ instalovaný výkon (STC) - 13,8 kWp

Specifikace střídače:

- ❖ špičkový výstupní výkon; AC - 13,8 kW
- ❖ nominální výstupní výkon; AC - 12,5 kW
- ❖ nominální proud MPPT; (A / MPPT kanál) - 18 A
- ❖ maximální napětí MPPT; DC - 750 V
- ❖ startovací napětí MPPT; DC - 360 V

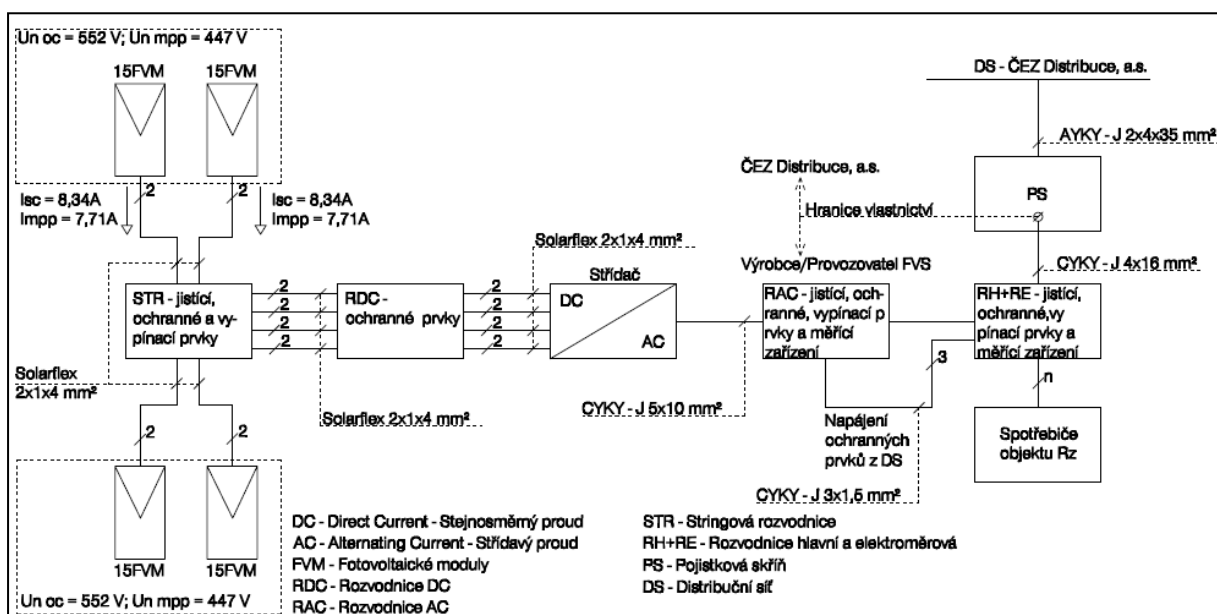
Nastavení systému::

- ❖ celkový výkon na vstupu: 13,8 kW
- ❖ celkový DC vstupní výkon: 12,765 kW
- ❖ ztráta na FV modulech dle ztrátového koeficientu: 13,8 kW - 12,77 kW = 1,03 kW
- ❖ odhadovaný výstupní výkon střídače: 12,42 kW
- ❖ ztráta ve střídači: 12,77 kW - 12,42 kW = 0,35 kW



Obr. č. 38.: Účinnost střídače Aurora [6]

5.2.6 Návrh blokového schéma FVS



Obr.č. 39.: Blokové schéma FVS objektu

Fotovoltaický systém objektu se bude skládat z fotovoltaického generátoru, který bude navržen do prostoru ve čtyřech stejnosměrných smyčkách, z nichž budou vždy dvě společné a budou určeny pro jeden MPPT vstup střídače Aurora. V rozvodnici STR se smyčky odjistí a provede ochrana proti bleskovému proudu. Vypínací prvky v rozvodnici STR jsou také proto, že při údržbě je možné FVS, odpojit přímo na střešních prostorách objektu z důvodu bezpečnosti. V rozvodnici RDC se provede ochrana proti přepětí. Ve střídači se přemění stejnosměrný proud na střídavý. Rozvodnice RAC slouží pro instalaci svodičů bleskového proudu ze strany distribuční sítě, FVS se zde odjistí a provedou se zde nadfrekvenční, podfrekvenční, nadpěťové a podpěťové ochrany, které budou napájeny z DS respektive až za rozpadovým místem FVS. Z tohoto místa bude napájen také monitoring PVI-AEC-PRO umístěný v RAC a bude přijímat signály ze střídače a ty následně rozesílat pomocí rozhraní GSM a Ethernet do kontrolních zařízení uživatele jako jsou: mobilní telefon, PC, fax.

V RAC se bude nacházet úředně ověřené měřící zařízení, které bude sloužit pro odečet vyrobené energie. FVS se z rozvodnice RAC připojí na hlavní přípojnice ve stávající hlavní rozvodnici RH+RE. Zde se nacházejí jistící prvky spotřebičů objektu. Za plombovanou částí se nachází třífázové stávající měřící zařízení, které bude vyměněno za třífázové čtyřkvadrantní měřící zařízení pro přímé měření. Toto zařízení zajistí PDS. Připojka hlavní rozvodnice bude provedena z pojistkové skříně PS. V této skříni se nachází hranice vlastnictví. PS je ve vlastnictví Výrobce. Připojení na distribuční síť se nachází v této pojistkové skříni. Hranice vlastnictví se nachází na primárních svorkách pojistkového spodku SP00.

5.2.7 Místo stanoviště FV generátoru, rozvodnic, střídačů, vedení kabelů a vodičů, hlavního a elektroměrového rozvaděče a místa připojení k síti

Fotovoltaický generátor:

Tento generátor bude umístěn na střešních prostorách objektu, kdy jeho rozmístění bude optimalizováno tak, aby stínění překážek, které se objevují, na střešních prostorách, byly mimo dosah FV generátoru. Fotovoltaický generátor se bude skládat z 60 FV modulů. A bude rozdělen do čtyř sekcí. FV moduly budou upevněny na šířku na nosné konstrukci se sklonem 30 ° a jejich azimut bude 0° J (180 ° S), aby byla dosažena jejich nejvyšší účinnost.

Stringová rozvodnice:

Bude umístěna na konstrukci FV modulů. Do této rozvodnice, budou zavedeny DC vodiče jednotlivých větví - stringů a v této rozvodnici se tyto vodiče odjistí danými jistíci prvky. Také se zde provede ochrana proti bleskovému proudu dle řízení rizika a jeho výsledných hodnot LPL, LPS.

Rozvodnice RDC:

Tato rozvodnice bude umístěna v technické místnosti, která je umístěna v 1. NP objektu. V této rozvodnici bude provedena ochrana proti přepětí dle řízení rizika a jeho výsledných hodnot LPL, LPS.

Střídač:

Toto zařízení bude umístěno vedle rozvodnice RDC. Střídač bude sloužit k přeměně stejnosměrné složky na složku střídavou. Výstupní parametry tohoto zařízení musí být ve shodě s parametry poskytovatele distribuční sítě a z hlediska harmonických proudů musí být ve shodě s ČSN 33 3430-1. Tento střídač je opatřen DC vypínačem, který umožní vypnutí přívodu proudu do střídače. Zajišťuje se tak větší bezpečnost pro technika, který by jinak musel vypínat zařízení FV generátoru na střešních prostorách objektu.

Rozvodnice RAC:

V této rozvodnici budou umístěny ochranné, spínací a jistící prvky. Bude se zde nacházet rozpadové a spínací místo FVS. V této rozvodnici bude také osazen kontrolní průběhový elektroměr vyrobené elektřiny z FVS. Musí být úředně ověřen.

Hlavní a elektroměrová rozvodnice objektu RH+RE:

Tato hlavní rozvodnice slouží k rozvodu elektrické energie v objektu. Na hlavní přípojnice této rozvodnice bude směřovat kabel z rozvodnice RAC. V hlavní rozvodnici RH+RE je umístěna přepážka, za kterou se nachází měřicí zařízení, které bude vyměněno PDS za čtyřkvadrantní model. Toto měřicí zařízení bude umístěno v plombované části rozvodnice RH. Provozovatel FVS se zavazuje, že k měřicímu zařízení zajistí přístup zaměstnancům PDS. Zde se bude nacházet také zařízení HDO, pomocí kterého může PDS při závažných stavech přetížení DS výrobu dálkově odpojit.

Pojistková skříň PS:

Zde se nachází hranice vlastnictví mezi Výrobcem a PDS - ČEZ Distribuce, a.s., a sice na primárních svorkách pojistkového spodku SP00. Z této pojistkové skříně, která je umístěna na obvodové zdi objektu je provedena přípojka do hlavní rozvodnice RH+RE.

Vodiče DC:

Vodiče budou uloženy v drátovém žlabu na střešních prostorách objektu a přes připravený střešní prostup budou svedeny do technické místnosti.

Vodiče AC:

Tyto vodiče budou v technické místnosti uloženy v plastových lištách a ze střídače zavedeny do hlavního rozvaděče objektu RH+RE.

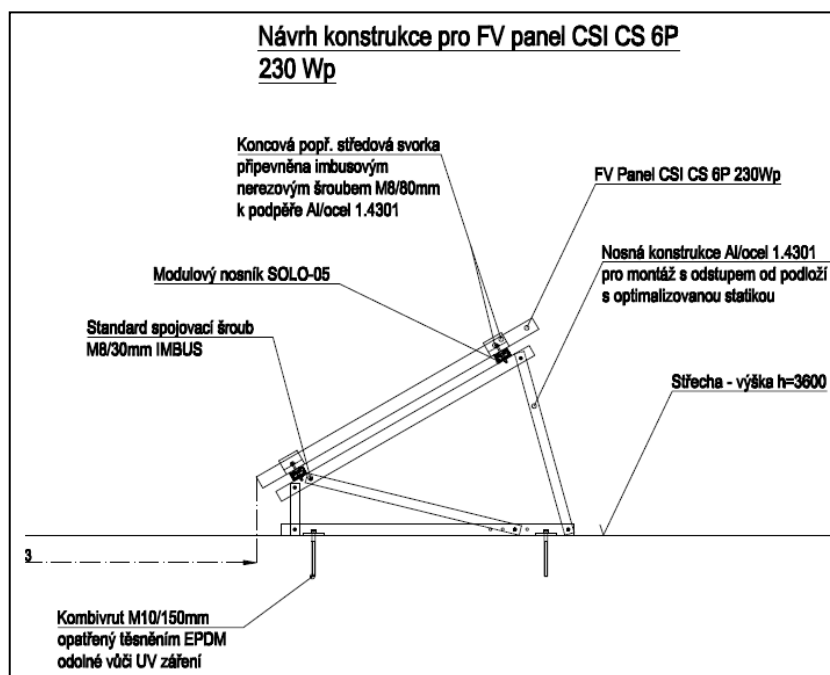
5.2.8 Návrh nosné konstrukce

Většina menších FV systémů se montuje nad střechou zejména proto, že v případě dodatečné instalace na existujících střechách představují cenově nejvýhodnější variantu, neboť náklady a materiál na práci jsou malé. Každá povětšinou kovová nosná konstrukce pro uložení FV generátoru tzv. montážní systém se skládá ze tří hlavních součástí: upevnění pomocí kotev na střechu, hlavní nosné konstrukce určující náklon FV modulů osazené montážními lištami a upevnění FV modulů.[3]

Nosná konstrukce značky Schletter bude umístěna na střešních prostorách takovým způsobem, aby se její hmotnost co nejlépe rozložila po celé ploše těchto prostorů. Konstrukce bude uzpůsobena pro FV moduly CSI, které budou uloženy na šířku, se sklonem 30 ° od střešních prostorů a azimutem 0 ° J.

Nosná konstrukce, je zvláště vyráběna na střešní FVS a zahrnuje veškeré kotvicí, jisticí a spojovací prvky. Nosná konstrukce díky mnoha možným kombinacím vyřeší skoro každý problém upevnění a je složena z osvědčených a spolehlivých součástí (prvky systému jsou z hliníku a vysoce kvalitní oceli).

Pro objekt bude navržena konstrukce řady Zelená nosná konstrukce, která je navržena tak, že FV moduly jsou odsazeny od střešních prostor. Důvod této úpravy je údržba FVS. Krytina střešních prostorů, je z falcovaných plechů, které jsou povrchově upraveny zinkem, který je nanesen žárově. Nosná konstrukce se upevní na střešní prostory pomocí kotvicích šroubů - Kombivrut M10/150 přes falcované plechy do dřevěného podkladu. Kotvicí šrouby jsou opatřeny těsněním EPDM, které zabraňuje průniku vody do střechy a také je odolné vůči UV záření. Celá nosná konstrukce bude opatřena zavětrovacími prvky, které budou sloužit ke zpevnění nosné konstrukce, v provedení ocelových lanek.



Obr. č. 40.: Návrh nosné konstrukce pro FV moduly CS6P 230



Obr. č. 41.: Uložení FV modulů na nosné konstrukci



Obr. č. 42.: Upevnění FV modulů pomocí průchozího spoje

5.2.9 Kontrola jímací soustavy

Jímací soustava není součástí objektu, a proto bude vyhotovena dle ČSN EN 62 305 ed.2 a dle TNI 34 1390. Návrh jímací soustavy bude realizován na základě ochrany před bleskem - řízení rizika.

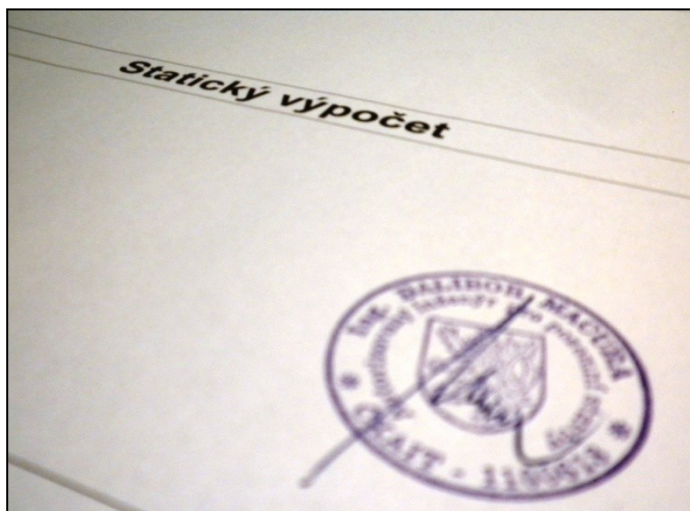
5.2.10 Statický posudek střešních prostorů

Rozhodující pro vhodnost budovy je kromě ozáření také to, zda je střecha vhodná pro zvolené montážní řešení, tj. zdali je schopna zachytit zátěže a síly, které se u FVS mohou velice často vyskytnout. Mnohdy se toto téma podceňuje, ale když vezmeme v úvahu, že samotný malý FVS může vykazat hmotnost např. 23 kg/m^2 , což je pro střešní krov pokládáno za neproblematické, avšak v zimě při pokrytí sněhem tohoto FVS může dojít k závažným problémům, které by mohly narušit statiku střechy a tím pádem způsobit velké škody. U FVS na střeše objektu se síly FVS přenášejí jen bodově, prostřednictvím fotovoltaické konstrukce. Zátěž vyskytující se na střešních prostorech závisí především na povětrnostních podmínkách, místu instalace, na možném zatížení větrem a sněhem, ale také na výšce a tvaru střešních prostor a způsob montáže. Pro zcela úplné statické vyhodnocení, je třeba prokázat, že fotovoltaické moduly a všechny upevňovací prvky mezi střešními prostory a FVS, jsou staticky vhodné a zdali, jsou vhodnými a dostatečnými spojovacími body spojeny se střešní konstrukcí. Statický posudek dle ČSN 73 0035, ČSN EN1990 a ČSN 73 1401 [3].

5.2.11 Statický výpočet

Účel statického výpočtu: Účelem statického výpočtu, je stanovení takové dimenze jednotlivých prvků konstrukce, aby tato soustava přenesla definovaná zatížení s průhyby a deformacemi dle specifických definovaných tolerancí.

Autorizovaný inženýr pro pozemní stavby: Podle stavebního zákona není pro mnoho FVS nutné stavební povolení či ohlášení stavby a tudíž není požadováno předložení statické způsobilosti, avšak i přesto musí být dodrženy statické požadavky a stavební zásady. Statickou způsobilost FVS může nejlépe ověřit statik, který je dobře obeznámen s fotovoltaickými zařízeními. V případě našeho objektu bude proveden statický výpočet autorizovaným inženýrem pro pozemní stavby - statikem.



Obr. č. 43.: Statický výpočet - dokument [8]

Podklady:

Pro statický výpočet je nutné mít návrh sestavy nosných konstrukcí a postupovat dle veškerých norem, které jsou k tomuto výpočtu potřebné.

Předmět statického výpočtu:

Předmětem statického výpočtu je návrh a posudek plochých střešních prostor, které jsou zhotoveny z nosných vaznic IPE 200 a zabetonovány. Střešní prostor je určen pro uložení a kotvení fotovoltaického systému, přičemž fotovoltaický systém je navržen na samonosné hliníkové konstrukci. Střešní vaznice jsou umístěny ve vzdálenosti 1000 mm od sebe po celé délce objektu.

Použité materiály:

- ❖ Hliníkové profily Schletter - statika systému podle DIN 1055, část 4 (03/2005), část 5 (06/2005),
- ❖ Eurocode 1, stávající vaznice střechy z válcovaných profilů IPE 200 - ocel pevnostní - třídy S 235 JRG2

Výpočet zatížení a posudek jednotlivých konstrukcí:

Výpočet zatížení, výpočet vnitřních sil a posudek vaznic IPE 200 proveden v samostatném statickém výpočtu.

Zhodnocení:

Střešní prostory jsou dostatečně dimenzovány a nosná konstrukce pro objekt vyhovuje. Nebude zapotřebí pro výstavbu FVS upravovat střešní prostory, či jinak zasahovat do této stavby.

5.2.12 Dimenzování stejnosměrných, střídavých vodičů a návrh jisticích prvků FVS

Elektrické vedení je významnou součástí každého elektrického zařízení a umožňuje přenos elektrické energie a signálu na určité vzdálenosti. Elektrické vedení je tvořeno vodiči, které slouží k vedení el. proudu a izolací oddělující živou část od okolí.

Postup při návrhu vedení, jeho jištění a dimenzování užijeme těchto základních kroků:

- ❖ výpočet proudu uvažovaného v obvodu;
- ❖ dovolený úbytek napětí;
- ❖ přípustné dovolené oteplení;
- ❖ volba nebo výpočet průřezů vodičů (fázových, nulových a ochranných) obvodu s ohledem na jištění z tabulek;
- ❖ výpočet zkratových proudů a ověření zda:
 - ❖ vodiče i přístroje z hlediska zkratových proudů vyhovují a
 - ❖ je zajištěna ochrana i před minimálními zkratovými proudy;
- ❖ ověření selektivity mezi jisticími prvky;
- ❖ ověření, zda je zajištěna ochrana před dotykem neživých částí automatickým odpojením;
- ❖ hospodárnost průřezu;

Parametry FVS umístěného na objektu:

FV generátor CSI CS6P 230 Wp:

- ❖ špičkový výkon jednoho modulu - $P_{max} = 230 \text{ W}$
- ❖ jmenovité pracovní napětí jednoho modulu - $U_{MPP} = 29,8 \text{ V}$
- ❖ jmenovitý pracovní proud jednoho modulu - $I_{MPP} = 7,71 \text{ A}$
- ❖ napětí naprázdno jednoho modulu - $U_{OC} = 36,8 \text{ V}$
- ❖ proud nakrátko jednoho modulu - $I_{SC} = 8,34 \text{ A}$

DC vstupní parametry střídače:

- ❖ celkový výkon na vstupu - 13,8 kW
- ❖ celkový DC jmenovitý vstupní výkon - 12,77 kW
- ❖ ztráta na ve FV modulech straně 13,8 kW - 12,77 kW = 1,03 kW
- ❖ maximální provozní proud každého pole - 18 A
- ❖ maximální zkratový proud každého pole - 22A
- ❖ maximální napětí MPPT; DC - 750 V
- ❖ startovací napětí MPPT; DC - 360 V
- ❖ ochrana před poruchami zemnění - snímač poruch zemnění a jištění je součástí střídače

Stejnoseměrné vedení:

Vodiče FVS - větve a hlavní vedení DC musí být voleny a uloženy tak, aby se minimalizovala nebezpečí zkratu a nežádoucích zemních spojení. Tohoto se může například dosáhnout zvýšením ochrany vedení proti vnějším vlivům použitím jednožilových kabelů s dvojitou izolací.

Vedení musí odolávat působení očekávaných vnějších vlivů, jako je vítr, námraza, teplota a sluneční záření. Při výběru a montáži zařízení pro odpojování a spínání mezi FV systémem a sítí napájenou z distribučního rozvodu je třeba distribuční síť považovat za zdroj a PV instalaci za zátěž.

U FV střídače musí být na straně DC zapojen odpojovač nebo DC vypínač. Všechny rozvaděče FVS musí být označeny štítkem oznamujícím, že části uvnitř rozvaděčů mohou být živé ještě po odpojení FV střídače a uvádí se nápis: pozor zpětný proud, pozor elektrický zdroj. [10]



Obr. č. 44.: Pozor zpětný proud [8]

Obr. č. 45.: Pozor elektrický zdroj [8]

Výpočet proudu uvažovaného v obvodu:

FVS je složen ze čtyř větví, z nich vždy dvojice je paralelně připojena na jeden MPPT vstup do střídače a každá větev je složena z 15 FV modulů zapojených do série.

Jmenovitý proud v jedné větvi FVS:

$$I_n = I_{MPP} = 7,71 \text{ A}; \quad (10)$$

I_{MPP} pracovní proud jednoho FV modulu

I_n jmenovitý proud jednoho FV modulu

Výpočet jmenovitého napětí v jedné větvi:

$$U_n = n \cdot U_{MPP} = 15 \cdot 29,8 \text{ V} = 446,4 \text{ V}; \quad (11)$$

U_n jmenovité napětí celé DC soustavy

n počet panelů v sérii

U_{MPP} pracovní napětí jednoho FV modulu

Výpočet maximálního výkonu v jedné větvi:

$$P_n = U_n \cdot I_n = 446,4 \cdot 7,71 = 3441,7 \cong 3442 \text{ W} \quad (12)$$

P_n (W)	špičkový výkon FV modulu
U_n (V)	pracovní napětí celé DC soustavy
I_n (A)	jmenovitý proud jednoho modulu

Zkouška výpočtu:

$$P_p \cdot n = P_n \quad (13)$$

$$230 \cdot 15 = 3442 \text{ W}$$

$$230 \text{ W} \cdot 15 = 3442 \text{ W}$$

$$3450 \text{ W} \cong 3442 \text{ W}$$

P_p (W)	špičkový výkon FV modulu
P_n (W)	pracovní napětí jednoho modulu
n (ks)	počet modulů v jedné větvi

Výsledek je v pořádku, jelikož výkon jednoho modulu: 230 Wp Výrobce zaokrouhlil.

Dovolený úbytek napětí [4]:

Průtokem proudu I vedením dochází vlivem jeho impedance (odporu R a reaktance X) k úbytku napětí a tím i k poklesu napětí na spotřebiči. Tento pokles napětí by mohl ovlivnit některé důležité provozní vlastnosti spotřebiče (např. moment motoru apod.) a proto jsou dovolené úbytky napětí limitovány a jsou závislé na druhu rozvodu (občanský, zemědělský, průmyslový, podzemní, apod.) a jeho hodnota bývá uváděná v příslušných normách. V případě stejnosměrných vedení se neuplatní reaktance vedení ($X = 0$) a $\cos \varphi = 1$ [4].

Tab. č. 2. Zvolené a vypočtené hodnoty DC vedení

	Větev V1	Větev V2	Větev V3	Větev V4
$b[-]$	2	2	2	2
$\rho [\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$	0,018	0,018	0,018	0,018
$L [\text{m}]$	25	24	23	27
$S [\text{mm}^2]$	4	4	4	4
$\cos \varphi [-]$	1	1	1	1
$\lambda [\Omega \cdot \text{m}]$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$
$R [\Omega]$	0,113	0,108	0,104	0,122
$U_n [\text{V}]$	446,4	446,4	446,4	446,4
$I_n [\text{A}]$	7,71	7,71	7,71	7,71
$\Delta U_f [\text{V}]$	1,74	1,67	1,60	1,88
$\Delta u [\%]$	0,39	0,37	0,36	0,42

Výpočet dovoleného úbytku napětí u stejnosměrných vedení [4]:

$$\Delta U_f = b \left(\rho \cdot \frac{L}{S} \cdot \cos \varphi + \lambda \cdot L \cdot \sin \varphi \right) \cdot I_n \quad (14)$$

$$V1 \rightarrow \Delta U_f = 2 \cdot \left(0,018 \cdot \frac{25}{4} \cdot 1 + 0,00016 \cdot 25 \cdot 0 \right) \cdot 7,71 = 2 \cdot 0,113 \cdot 7,71 = 1,74 \text{ V}$$

$$V2 \rightarrow \Delta U_f = 2 \cdot \left(0,018 \cdot \frac{24}{4} \cdot 1 + 0,00016 \cdot 24 \cdot 0 \right) \cdot 7,71 = 2 \cdot 0,108 \cdot 7,71 = 1,67 \text{ V}$$

$$V3 \rightarrow \Delta U_f = 2 \cdot \left(0,018 \cdot \frac{23}{4} \cdot 1 + 0,00016 \cdot 23 \cdot 0 \right) \cdot 7,71 = 2 \cdot 0,104 \cdot 7,71 = 1,60 \text{ V}$$

$$V4 \rightarrow \Delta U_f = 2 \cdot \left(0,018 \cdot \frac{27}{4} \cdot 1 + 0,00016 \cdot 27 \cdot 0 \right) \cdot 7,71 = 2 \cdot 0,122 \cdot 7,71 = 1,88 \text{ V}$$

Výpočet hodnoty poměrného dovoleného úbytku napětí u stejnosměrných vedení [4]:

$$\Delta u = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \frac{100}{U_n} \quad (15)$$

$$V1 \rightarrow \Delta u = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \frac{100}{U_n} = 2 \cdot 0,113 \cdot 7,71 \cdot \frac{100}{446,4} = 0,39 \%$$

$$V2 \rightarrow \Delta u = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \frac{100}{U_n} = 2 \cdot 0,108 \cdot 7,71 \cdot \frac{100}{446,4} = 0,37 \%$$

$$V3 \rightarrow \Delta u = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \frac{100}{U_n} = 2 \cdot 0,113 \cdot 7,71 \cdot \frac{100}{446,4} = 0,36 \%$$

$$V4 \rightarrow \Delta u = 2 \cdot R \cdot I_n \cdot \frac{100}{U_n} = 2 \cdot 0,113 \cdot 7,71 \cdot \frac{100}{446,4} = 0,42 \%$$

Přípustné dovolené oteplení vodičů:

Kabel DRAKAFLEX SUN BETAX 125; 1,8kV; DC LSHF

Tyto kabely jsou určené pro venkovní použití, ke vzájemnému propojení FV modulů s možností připojení ke střídači a možností i vnitřního použití pro pevné uložení. Použité materiály jsou bezhalogenové, oheň retardující s nízkou dýmivostí a se zvýšenou odolností proti hoření.



Obr. č. 46.: FV kabely Drakaflex Sun Betax [O22]

Parametry vodičů:

provozní teplota: -40°C - 105°C

jmenovité napětí: 1,1/1,8 kV DC

Výpočet dovoleného oteplení:

Teplota okolí je průměrně určena na teplotu 20°C a kabely budou uloženy způsobem F, v drátovém žlabu. Kabel pro výpočet DRAKAFLEX SUN BETAX 125; 1,8kV; DC LSHF 1 x 4 mm²

$$I_{DOV} = I_{NV} \cdot k = 55 \cdot 1 = 55 \text{ A} \quad (16)$$

k přepočítací součinitel respektující snížení zatížení v závislosti způsobu uložení vodiče, jeho seskupení, okolní teplotu;

I_{NV} jmenovitá proudová zatížitelnost;

I_{DOV} dovolené proudové zatížení

$$\Delta\vartheta_{\infty} = (\Delta\vartheta_{DOV} - \Delta\vartheta_{REF}) \cdot \left(\frac{I_{VED}}{I_{NV}}\right)^{2,492} \quad (17)$$

$$\Delta\vartheta_{\infty} = (\Delta\vartheta_{DOV} - \Delta\vartheta_{REF}) \cdot \left(\frac{I_{VED}}{I_{NV}}\right)^{2,492} = (125 - 20) \cdot \left(\frac{7,71}{55}\right)^{2,492} = 105 \cdot (0,213)^{2,492} = 0,78 \text{ °C}$$

$$\Delta\vartheta_{REF} = 20 \text{ °C} + 0,78 \text{ °C} = 20,78 \text{ °C};$$

$\Delta\vartheta_{\infty}$ (° C) oteplení vodiče

$\Delta\vartheta_{DOV}$ (° C) maximální dovolená teplota jádra vodiče

$\Delta\vartheta_{REF}$ (° C) střední hodnota teploty okolí

Výpočet celkových ztrát v DC vedení pomocí programu Fronius solar configurator

Subsystém 1 z 1

Moduly	Moduly <-> Rozvaděč DC	Rozvaděč DC <-> Aurora 12,5 OUTD	Aurora 12,5 OUTD <-> Sít'
Moduly: 15	Délka kabelu větve: 34 m	Kabelové páry: 1	Délka kabelu: 5 m
Větve: 1	Celková délka kabelů: 34 m	Vzdálenost k střídači: 8 m	Efektivní délka kabelu: 10 m
Napětí naprázdno: 636,46 V	Průřez kabelu: 4 mm ²	Celková délka kabelů: 16 m	Průřez kabelu: 4 mm ²
Zkratový proud: 8,34 A	Ztráty %: 0,31	Průřez kabelu: 4 mm ²	Ztráty %: 0,24
		Ztráty %: 0,15	Výkonový odpor na fázi: 0,04 Ω
Vyberte některou z možností připojení!			
Rozvaděč DC		Celkové ztráty: 20,53 W	Celkové ztráty %: 0,70

Návrh průřezu

Obr. č. 47.: Pomocný výpočet celkových ztrát ve vedení od FV modulů do DS. [9]

Návrh jistícího prvku:

Výpočet proudu pro návrh jistícího prvku [10]:

$$I_p \geq 1,2 \cdot I_n = 1,4 \cdot 7,71 = 9,25 \text{ A} \quad (18)$$

I_n (A) jmenovitý pracovní proud jednoho FV modulu
1,2 (-) tento činitel zohledňuje použití při teplotách okolí 60°C, intenzitě záření 1000 W/m² a vlivu cyklického zatěžování

$$U_p \geq 1,2 \cdot n \cdot U_{MPP} = 1,2 \cdot 15 \cdot 29,8 \text{ V} = 536,4 \text{ V} \quad (19)$$

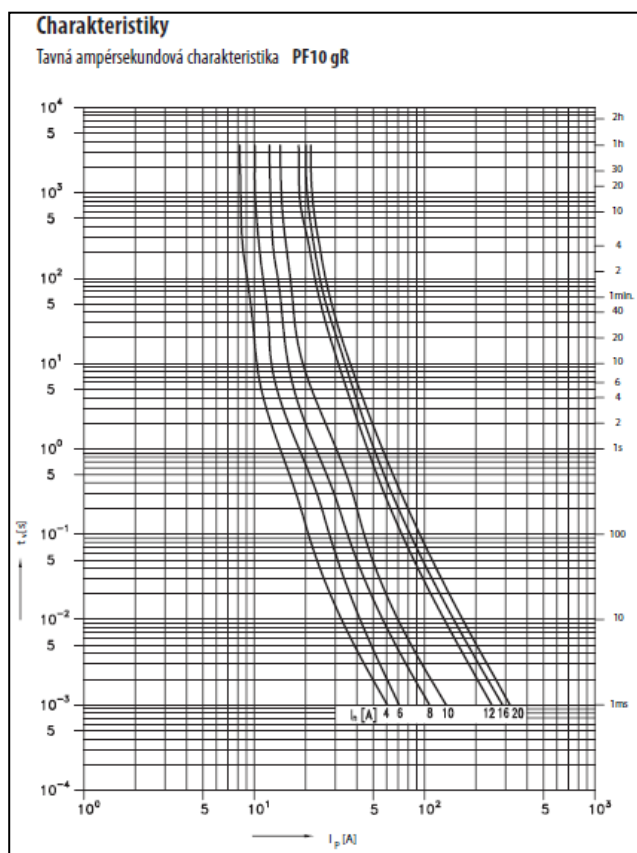
U_{MPP} (V) pracovní napětí jednoho modulu
1,2 (-) tento činitel zohledňuje narůst napětí při nízkých teplotách okolí, výrobní tolerance FV modulů apod.
 n (ks) počet panelů v sérii

Volba jistícího prvku:

Výsledný proud byl vypočítán na 9,25 A pro volbu jistícího přístroje zvolíme nejbližší vyšší hodnotu, a to je pojistka velikosti 10A. Pro jištění vedení stejnosměrné strany bude použita pojistka PF10 10 A gR pro jmenovité napětí do 900 V, jedná se o pojistku pro jištění polovodičů. Tato pojistka při zkratu velice rychle reaguje oproti klasickým pojistkám gG. A zabezpečí nám ochranu FV modulů. Její uložení zajistí pojistkový odpínač OPF 10. V našem případě bude hlavně sloužit jako odpínací prvek s viditelnou drahou rozpojení.



Obr. č. 48.: Pojistkový odpínač OPF 10 a polovodičová pojistka PF10 10A/900V [O23]



Obr. č. 49.: V-A charakteristika polovodičových pojistek PF10 [O23]

Střídavé vedení:

FVS považujeme v našem případě za zátěž. Zdrojem bude místo připojení (transformátor nebo obecný zdroj). Výkon FVS v kW zadáme tedy do vývodu na konci paprsku nebo v průběhu paprsku. Soudobost β a účinník $\cos \varphi$ volíme roven 1. Na dimenzování vedení obrácený směr proudu ve vedení nemá vliv. Pro návrh nadproudové ochrany vedení a zajištění ochrany samočinným odpojením od zdroje AC strany fotovoltaické elektrárny je tato konfigurace dokonce nutná. Předností použití programu Siehr je možnost provedení ekonomické optimalizace průřezů navrhovaných vedení a tím snížení celkových nákladů na jejich pořízení a provoz. [10]

AC výstupní parametry střídače:

❖ jmenovitý výstupní výkon AC	12,5 kW
❖ odhadovaný jmenovitý výstupní výkon střídače (kW)	12,42
❖ ztráta transformací ve střídači (kW)	12,77 - 12,42 = 0,35
❖ jmenovité výstupní napětí (V)	400/230 V
❖ jmenovitá frekvence (Hz)	50
❖ jmenovitý výstupní proud na jedné fázi (A)	18,1
❖ maximální výstupní proud na jedné fázi (A)	20
❖ nadproudová ochrana (A)	22
❖ připojení na síť	3/N/PE
❖ účinník $\cos \varphi$	1
❖ soudobost β	1

Určení výpočtového zatížení a proudu vedení:

$$P_{max} = \beta \cdot \Sigma P_i = 1 \cdot 12,42 \text{ kW} = 12,42 \text{ kW} \quad (20)$$

P_{max} (kW)	maximální výstupní výkon
β (-)	soudobost

Při projektování elektrického rozvodu v jakémkoli objektu musí být určen maximální odběr, na který musí být dimenzováno vedení, napájecí zdroj (např. transformátor), jistící přístroje ap. V našem případě bude vedení zatěžováno při maximálním osvětlení FV generátoru plným výkonem a proto je určena soudobost $\beta = 1$.

Z výpočtového zatížení se určí výpočtový proud:

$$I_b = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (21)$$

$$I_b = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} = \frac{12,42 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = \frac{12,42 \cdot 10^3}{692,8} = 17,92 \text{ A}$$

I_b (A)	proud použitý ve vedení
P_{max} (kW)	maximální AC výstupní výkon střídače
U_s (V)	sdužené napětí
$\cos \varphi$ (-)	účinník

Hospodárnost průřezu [11]:

Vodiče mají být dimenzovány tak, aby byly zatěžovány hospodárným proudem. Pořizovací náklady na údržbu a provoz by měly být optimální. Definování jednotlivých činitelů této optimalizace je dosti složité. Činitele můžeme rozdělit na technické a ekonomické. Technické činitele můžeme určit měřením a výpočtem, ekonomické činitele mají návaznost na ceny materiálů, energie, atd.

Výpočet hospodárnosti průřezu je možno vypočítat např. způsobem kde se určí doba plných ztrát. Doba plných ztrát je definována jako čas, za který by maximální výpočtové zatížení způsobilo ve vedeních stejné ztráty jako skutečné zatížení za jeden rok.

Tab. č. 3. Hodnoty činitelů hospodárnosti

A (kW.h)	12300
t (hod)	1704
P_{max} (kW)	12,42
k_{Cu} (-)	0,0053

$$T = t \cdot \left[0,2 \cdot \frac{A}{P_{max} \cdot t} + 0,8 \cdot \left(\frac{A}{P_{max} \cdot t} \right)^2 \right] \quad (22)$$

$$T = 1704 \cdot \left[0,2 \cdot \frac{12300}{12,42 \cdot 1704} + 0,8 \cdot \left(\frac{12300}{12,42 \cdot 1704} \right)^2 \right] = 1704 \cdot (0,116 + 0,27) = 657,7 \text{ h} \cdot \text{rok}^{-1}$$

A (kW.h) energie přenesená vedením za rok
 t (hod) počet provozních hodin připojeného zařízení za rok
 P_{max} (kW) přenášený výkon vedením

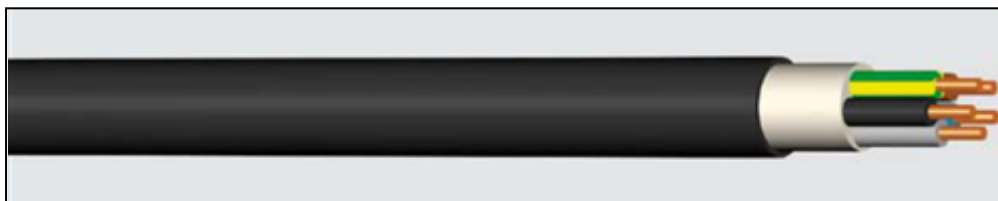
Hospodárný průřez jedné fáze vedení [11]:

$$S = k \cdot I_b \cdot \sqrt{T} \quad (23)$$

$$S = 0,0053 \cdot 17,92 \cdot \sqrt{657,7} = 2,58 \text{ mm}^2$$

S (mm²) ... průřez vodiče; k ... koeficient pro Cu vodiče; T (hod . rok⁻¹) ... doba plných ztrát

Zvolíme nejbližší vyšší průřez což je 4 mm².

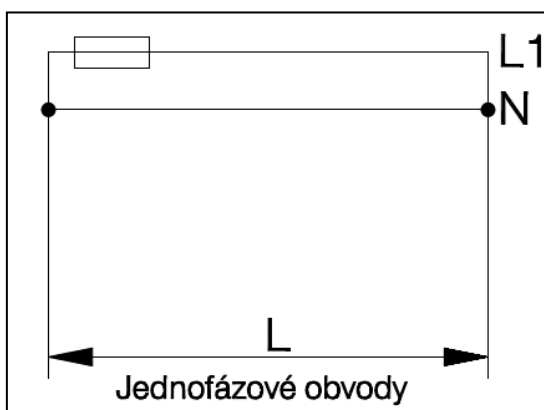


Obr. č. 50.: Kabel CYKY-J 5 x 4 mm² [O22]

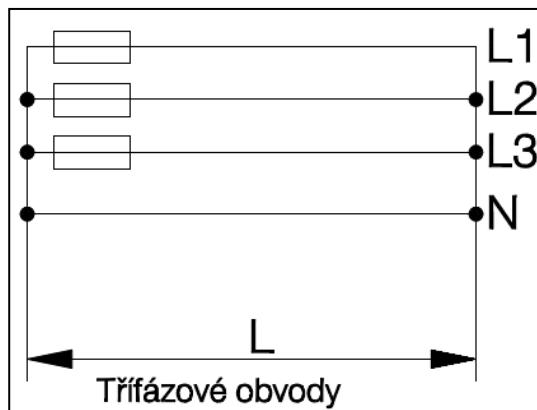
Dovolený úbytek napětí [4]:

Tab. č. 4. Zvolené a vypočtené hodnoty AC vedení

	Vedení V1
$b[-]$	1
$\rho [\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$	0,018
$L [\text{m}]$	5
$S [\text{mm}^2]$	4
$\cos \varphi [-]$	1
$\sin \varphi [-]$	0
$\lambda [\text{m}\Omega/\text{m}]$	0,08
$R [\Omega]$	0,113
$U_n / U_0 [\text{V}]$	400/230
$I_b [\text{A}]$	17,92
$\Delta U_f [\text{V}]$	0,4
$\Delta u [\%]$	0,17



Obr. č. 51.: Určení délky vedení pro jednofázové obvody [4]



Obr. č. 52.: Určení délky vedení pro třífázové obvody [4]

Výpočet dovoleného úbytku napětí u střídavých vedení [4]:

$$\Delta U_f = b \cdot \left(\rho \cdot \frac{L}{S} \cdot \cos \varphi + \lambda \cdot L \cdot \sin \varphi \right) \cdot I_b \quad (24)$$

$$V1 \rightarrow \Delta U_f = 1 \cdot \left(0,018 \cdot \frac{5}{4} \cdot 1 + 0,8 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 0 \right) \cdot 17,92 = 0,403 \text{ V} \approx 0,4 \text{ V}$$

$\Delta U_f (\text{V})$	úbytek napětí ve vedení
$b (-)$	součinitel pro třífázové obvody roven 1, pro jednofázové roven 2
$\rho (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$	rezistivita Cu vedení
$L (\text{m})$	délka vedení
$S (\text{mm}^2)$	průřez jednoho vodiče
$\cos \varphi (-)$	účinník
$\lambda (\Omega/\text{m})$	podélná reaktance vedení
$I_b (\text{A})$	proud použitý ve vedení

Výpočet hodnoty poměrného dovoleného úbytku napětí u střídavých vedení [4]:

$$\Delta u = 100 \cdot \frac{\Delta U_f}{U_0} \quad (25)$$

$$V1 \rightarrow \Delta u = 100 \cdot \frac{0,4}{231} = 100 \cdot 6,92 \cdot 10^{-4} = 0,173 \% \cong 0,17 \%$$

ΔU_f (V)	úbytek napětí ve vedení
U_0 (V)	napětí mezi fází a nulovým bodem
Δu (%)	poměrný úbytek napětí ve vedení

Navržené vedení je dostačující. Úbytek napětí je zanedbatelný.

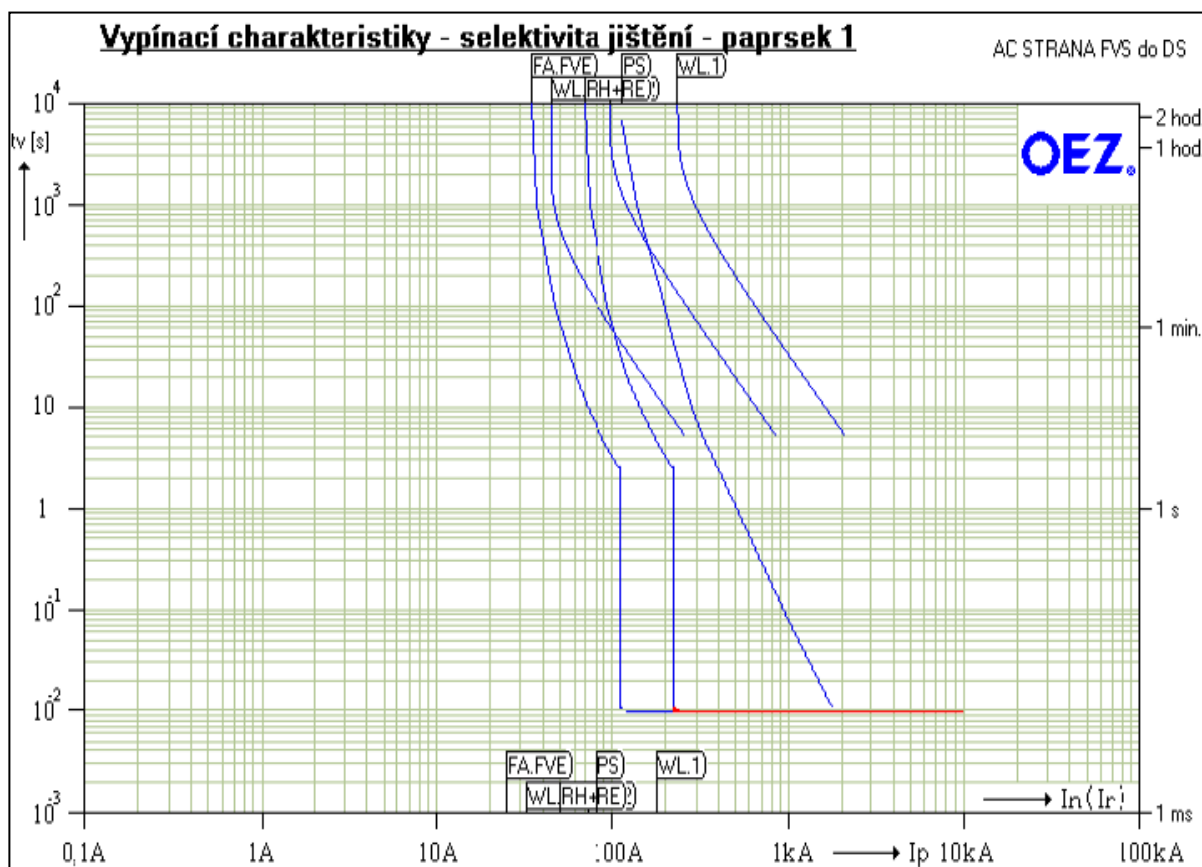
Výslednice programu SICHR pro návrh AC strany střídače:

Zapojení		Přístroj	Poznámka	
TR.1		T0336 22/0.40 In = 361 A Sr = 250 kVA Ik'' = 8.91 kA	Datum : 24.3.2011	
Xrd		U2 = 231/400 V dU = 2.1 % uk = 4 % ip = 17.9 kA	AC STRANA FVS do DS	
WL.1		Sběrnice B = 1 Ik'' = 8.91 kA	Sít TN, Un = 230 / 400 V	
PS		U = 392 V (Un · 2.1%) ip = 17.9 kA	Trafostanice pro část Obce - U koupaliště II. a III. etapa	
WL.2		2x11.5YKY 4x35 Iz = 178.5 A tm = 25 ° C Ik'' = 2.07 kA	Skříň SR rozpojovací na pojistkové spodky	
RH+RE		dU = 1.9 % ip = 2.99 kA	223 m v zemi (D)	
TN-C		PN000qG In = 80 A I1 = 120 kA	Distribuční síť ČEZ Distribuce, a.s.	
TN-S		ip = 2.99 kA	Připojeno pomocí SP00	
Xspot		CYKY 4x25 Iz = 72.1 A tm = 68 ° C Ik'' = 2.00 kA	Pojistková skříň PS (SR) - Hranice vlastnictví	
WL.3		dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 2.89 kA	5 m v izolační stěně (A)	
FA.FVE		LPN-50B In = 50 A Icn = 40 kA*	Přípojka objektu restaurace	
FV.FVE		Irm = 225 A	Hlavní jistič umístěn v RH+RE	
		PS-RH+RE zaručena plná selektivita	TN-C --> TN-S v RH+RE	
		Vývod P = 17 kW xB = 17 kW cos fi = 0.95 Ik'' = 2.00 kA	Odběrná zařízení objektu koupaliště	
		I = 25.8 A U = 386 V (Un · 3.4%) B = 1 ip = 2.89 kA	5 m na stěně (C)	
		CYKY 5x4 Iz = 32 A tm = 85 ° C Ik'' = 1.67 kA	Přípojka FVS	
		dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² ip = 2.41 kA	Irm = 112.50 A	
		LPN-25B In = 25 A Icn = 10 kA	Hlavní jistič FVS	
		RH+RE-FA.FVE selektivní minimálně do 190 A	FVS s instalovanou ochranou proti bleskovému proudu	
		Vývod S = 13 kVA xB = 13 kVA cos fi = 0.95 Ik'' = 1.67 kA	Selektivita celého řetězce je zaručena do 190 A	
		I = 18.8 A U = 386 V (Un · 3.6%) B = 1 ip = 2.41 kA		

Obr. č. 53.: Výslednice programu SICHR - selektivita jištění FVS na AC straně [12]

OEZ.		Projekt : FVE 13,800kW		Datum : 24.3.2011	
		Impedanční smyčky		AC STRANA FVS do DS	
				Sít TN, Un = 230 / 400 V	
Zapojení	Přístroj	Poznámka			
TR.1	T0336 22/0.40 In = 361 A Sr = 250 kVA Ik'' = 8.91 kA U2 = 231/400 V ip = 17.9 kA	Trafostanice pro část Obce - U koupaliště II. a III. etapa			
Xrd	<u>Sběrnice</u> B = 1 Ik'' = 8.91 kA U = 392 V (Un - 2.1%) ip = 17.9 kA	Skříň SR rozpojovací na pojistkové spodky			
WL.1	<u>2II1-AYKY 4x35</u> Iz = 178.5 A tm = 25 ° C Ik'' = 2.07 kA dU = 1.9 % ip = 2.99 kA	223 m v zemi (D) Distribuční síť ČEZ Distribuce, a.s.			
PS	<u>PN000qG</u> In = 80 A I1 = 120 kA Zs(0,4s) = 324 mOhm (Ia = 712 A) ip = 2.99 kA	Připojeno pomocí SP00 Pojistková skříň PS (SR) - Hranice vlastnictví			
WL.2	<u>CYKY4x25</u> Iz = 72.1 A tm = 68 ° C Ik'' = 2.00 kA dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 2.89 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) (258 mOhm < 324 mOhm) Přípojka objektu restaurace			
RH+RE	<u>LPN-50B</u> In = 50 A Icn = 40 kA* Zs(0,4s) = 931 mOhm (Ia = 248 A) ip = 2.89 kA	Irm = 225 A Hlavní jistič umístěn v RH+RE			
	TN-C TN-S	TN-C --> TN-S v RH+RE			
Xspot	<u>Vývod</u> P = 17 kW xB = 17 kW cos fi = 0.95 Ik'' = 2.00 kA I = 25.8 A U = 386 V (Un - 3.4%) B = 1 ip = 2.89 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) (259 mOhm < 931 mOhm) Odběrná zařízení objektu koupaliště			
WL.3	<u>CYKY 5x4</u> Iz = 32 A tm = 85 ° C Ik'' = 1.67 kA dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² ip = 2.41 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) (316 mOhm < 931 mOhm) Přípojka FVS			
FA.FVE	<u>LPN-25B</u> In = 25 A Icn = 10 kA Zs(0,4s) = 1.87 Ohm (Ia = 124 A) ip = 2.41 kA	Irm = 112.50 A Hlavní jistič FVS			
FV.FVE	<u>Vývod</u> S = 13 kVA xB = 13 kVA cos fi = 0.95 Ik'' = 1.67 kA I = 18.8 A U = 386 V (Un - 3.6%) B = 1 ip = 2.41 kA	O.K. Zsv < Zs(0,4s) (319 mOhm < 1.87 Ohm) FVS s instalovanou ochranou proti bleskovému proudu			

Obr. č. 54.: Výslednice programu SICHR - impedance vypínacích smyček FVS na AC straně [12]



Obr. č. 55.: Výslednice programu SICHR - vypínací charakteristika [12]

5.2.13 Volba a dimenzování ochrany před bleskem, uzemnění a ochrany proti přepětí

Zařízení pro ochranu před bleskem slouží především k ochraně osob při přímém zásahu objektu bleskem. Je-li FVS postaven na exponovaném místě, je třeba použít vhodně bleskosvodné zařízení. Například FVS na nosné konstrukci umístěné na ploché střeše budovy, s ohrožením úderu blesku musí být vybavena bleskosvodným zařízením, protože FV generátor umístěný na střešních prostorách může představovat možné místo úderu blesku. Zařízení k ochraně před bleskem se zřizují v souladu s normami ČSN EN 62 305-1 (2, 3, 4) a technickými normalizačními informacemi TNI 34 1390 [N1] [N2]

Návrh ochrany před bleskem pro FVE 13,8 kW umístěné na objektu:

FVS umístěný na objektu zhruba na celé ploše střešních prostorů o rozměrech 45 x 8m a výšce 3,6 m. Budova je rekonstruovaná po stavební části. Střešní krytina je z falcovaných plechů a není na ni zřízena žádná ochrana před bleskem.

Analýza rizika:

Cílem ochranných opatření na chráněných stavbách je zabránit škodám v důsledku úderu blesku. Soubor norem v ochraně před bleskem reaguje na dále se prohlubující vědecké poznatky ve výzkumu blesku. Cílem ocenění rizika je dosažení snížení skutečné hodnoty rizika, které je způsobeno úderem blesku do stavby, pomocí cílených ochranných opatření na hodnotu tolerovatelnou [13].

Pro výpočet příпустného rizika dle ČSN EN 62305-2 a zařazení ochrany objektu do třídy LPS zvolíme nejprve provedení hromosvodu. Provedení hromosvodu je od objektu izolovaný hromosvod. Hlavní předpoklady:

- ❖ materiál a provedení nosné konstrukce objektu;
- ❖ materiál a provedení vazby střechy;
- ❖ materiál krytiny střechy;
- ❖ technologie situované nad střešními prostory;
- ❖ účel, využití, vybavení a obsah stavby;
- ❖ okolí objektu;

Nyní určíme vhodnou metodu nebo kombinaci metod prostoru jímací soustavy.

Mezi hlavní zásady patří:

- ❖ třída LPS
- ❖ členitost a rozloha stavby
- ❖ výška stavby
- ❖ tvar a provedení střešních prostor
- ❖ možnost rozmístění svodů
- ❖ připojení inženýrské sítě
- ❖ provedení a umístění zemnicí soustavy

Účelem jímací soustavy je spolehlivé zachycení a odvedení bleskového výboje mimo objekt, z čehož možno největšího spektra vyskytujících se bleskových výbojů v přírodě. Minimálně uvažovaný vrcholový bleskový proud pohybuje v závislosti na třídě LPS od 3 kA - 16 kA. U nás nečastěji vyskytující maximální bleskový proud se pohybuje okolo 200 kA [N1].

Zohledněná rizika:

Riziko R1: Riziko ztrát na lidských životech; RT: 1E-5

Parametry stavby:

Lb	Délka:	50 m
Wb	Šířka:	8 m
Hb	Výška:	3,6 m
Cdb	Činitel polohy:	1

Samostatně stojící objekt - žádné jiné objekty v sousedství

Zeměpisné parametry:

Td	Počet bouřkových dní za rok:	29,2 Dny
Ng	Hustota úderu do země:	2,92 km ² /rok
Nd	počet nebezpečných událostí vlivem úderů do stavby	0,019906 1/rok

Inženýrské sítě:

Napájecí vedení nn.

Zóny ochrany před bleskem/rozdělení do zón:

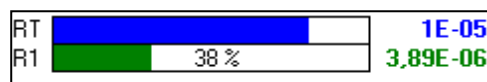
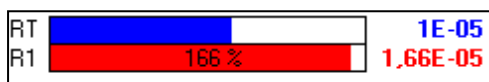
LPZ 0B Vně budovy, ochráněna před přímým úderem blesku

LPZ 1 Uvnitř stavby

Ocenění rizika R1, ztráty na lidských životech:

bez ochranných opatření

s ochrannými opatřeními



Výběr ochranných opatření:

Skutečné riziko bylo sníženo pomocí níže specifikovaných ochranných opatření na tolerovatelnou hodnotu.

Zóna ochrany před bleskem 0B

pB	system ochrany před bleskem	0,1
	LPS třída III	
pEB	pospojování proti blesku	0,03
	Pospojování pro LPL III nebo IV	

[13]

Vyhodnocení analýzy rizika:

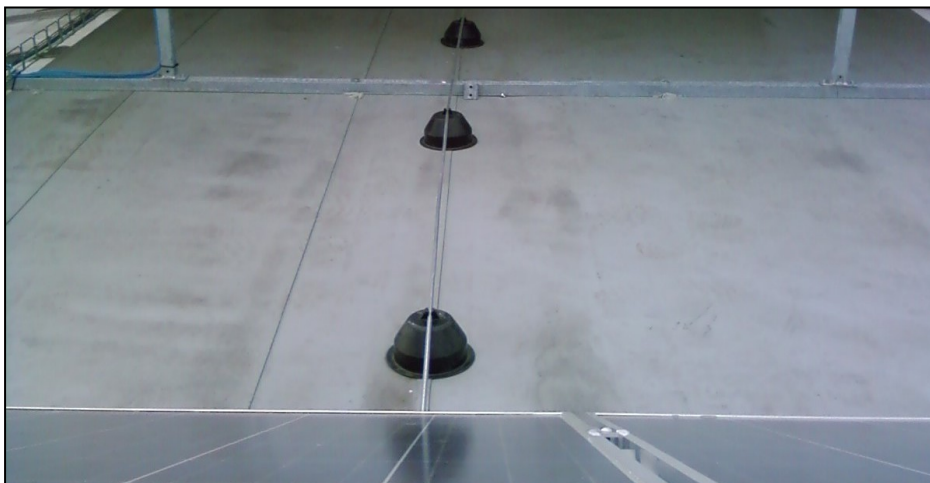
Tomuto objektu je třeba na základě analýzy rizik přiřadit třídu ochrany před bleskem LPS. Objekt se nachází na rovném prostoru a v jeho blízkosti se vyskytuje lesní porost vzdálený přibližně 20 m a nádrž koupaliště vzdálená přibližně 9 m. Dále se v okolí objektu nevyskytují jiné vyšší budovy. Jedná se o objekt restaurace na koupališti, kde se pohybuje jak ve vnitřních prostorách, tak v okolí objektu přes sezónu poměrně mnoho osob, k tomuto faktu je třeba přihlédnout při návrhu LPS. A ve své podstatě FVS umístěný na objektu je velice drahé zařízení a jeho poškození by znamenalo škody na majetku. Objekt byl proto zařazen do třídy LPS III.

Postup návrhu izolovaného bleskosvodu:

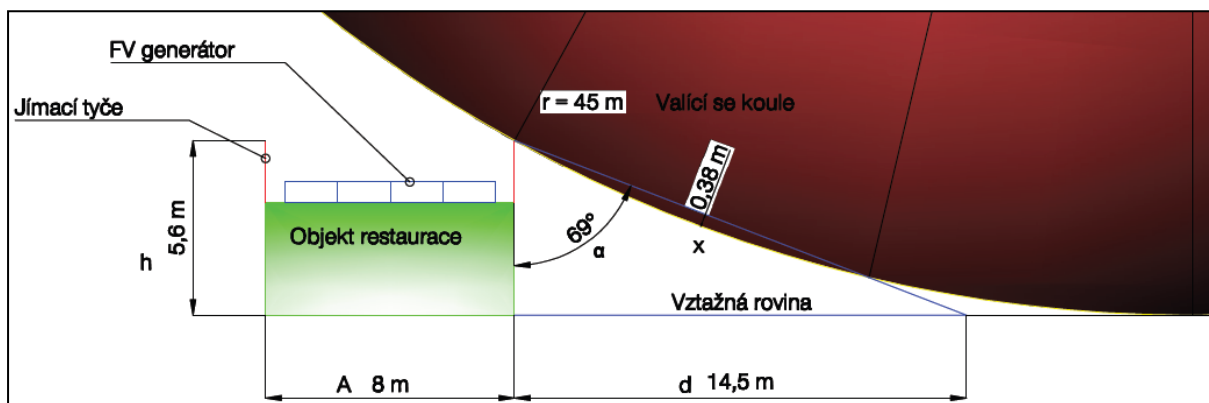
Návrh jímací soustavy metodou valící se koule:

Výhodou této metody je naprostá shoda konstrukce a ověření ochranného prostoru jímací soustavy ze statistiky zjištěným chováním blesku. Možnost vyšetření ochranného prostoru jímací soustavy je kombinace grafické a výpočtové metody.

Ve 2D programu je nasimulován řez objektu a valící se koule pro třídu LPS III, jejíž poloměr je 45 m. Pomocí grafické metody jsou znázorněny jímáče, na které se promítla valící se koule a vztázná rovina. Poté se pomocí tabulek z [N1] odečtou hodnoty pro správné rozmístění jímáčů. Jímací tyče jsou rozmístěny takovým způsobem, aby posuv x valivé koule směrem k objektu nezasahoval do ochranného prostoru, ve kterém je umístěn FVS. [N1]



Obr. č. 56.: Okružní vedení AlMgSi uloženo na izolovaných podpěrách



Obr. č. 57.: Grafický návrh metody valčí se koule na objektu

Základní požadavky pro tento systém:

- ❖ mřížová jímací soustava s velikostí ok přibližně (15 x 15) m;
- ❖ vzdálenost svodů 15 m od sebe;
- ❖ okružní zemnicí soustava jako základový zemnič.

Prvním krokem je vypočítání dostatečné vzdálenosti s . Tato vzdálenost určuje, kam až se smí přiblížit součásti hromosvodu k zařízením a kovovým prvkům, která nejsou spojena s hromosvodovou soustavou. Určí se jedna vzdálenost, a sice mezi vedením, jímacími tyčemi a FV moduly.

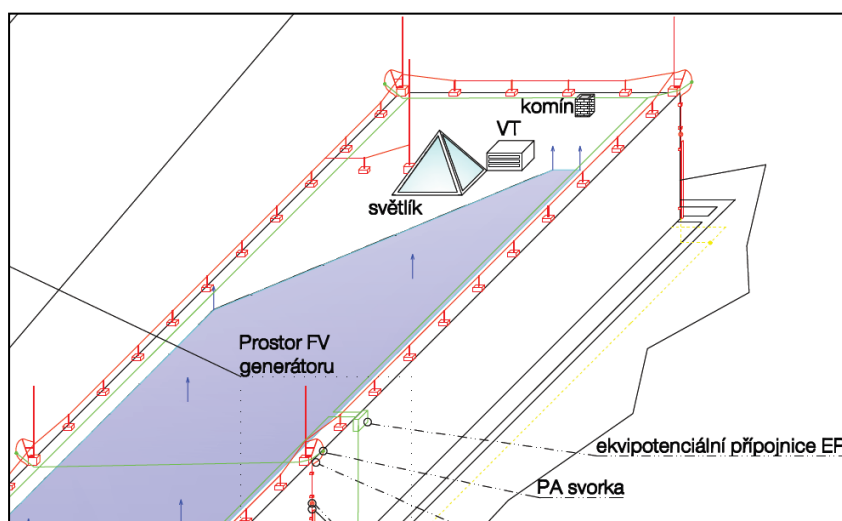
Všechny konstanty a vzorce se zadají do známého vzorce, pro výpočet dostatečné vzdálenosti, kde k_i určuje třída LPS, k_c se vypočítá z výšky objektu počtu svodů a jejich rozteče, k_m je dán dráhou možného přeskočení blesku a l určuje délku svodu k uzemnění.

Pro řešení LPS umístěný na objektu máme zvoleny dle skutečného stavu tyto hodnoty:

$$k_i = 0,04; k_c = 0,44; k_m = 1; l = 6 \text{ m} \quad (26)$$

$$s = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l = 0,04 \cdot \frac{0,44}{1} \cdot 6 = 0,1056 \approx \mathbf{0,11 \text{ m}}$$

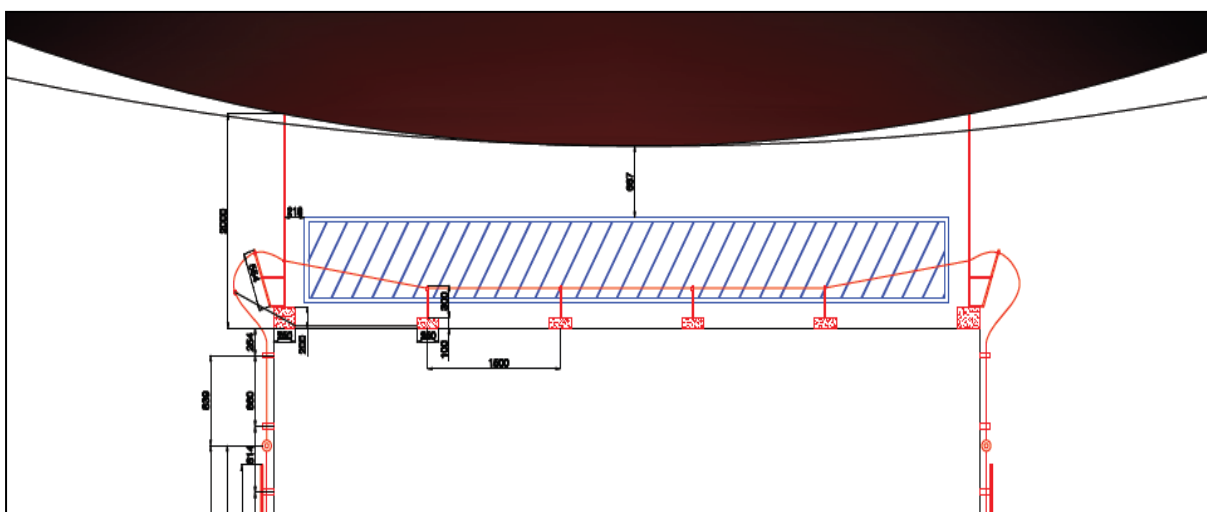
Mezi vedeními jímací soustavy a FV modulů, musí být dodržena minimální vzdálenost 0,11 m. Dále musí být zajištěn ochranný prostor jímací soustavy tak, aby veškeré FV moduly a zařízení byly právě v tomto prostoru. [N1]



Obr. č. 58.: 3D Model jímací soustavy na objektu

Jímací soustava:

Okružní vedení je uloženo na distančních vzpěrách z izolačního materiálu zkoušeného dle ČSN EN 50 164. Rozteč vzpěr je přibližně 1,4 - 1,5 m. Tyto vzpěry jsou ukotveny v betonových izolačních podstavcích a je zaručena dostatečná pevnost a stabilita. Vzpěry jsou vysoké 40 cm, a od nosné konstrukce jsou vzdálené přibližně 35 cm, tím pádem je splněna podmínka s pro tyto vzpěry, která činí 11 cm. Symetricky po obvodu objektu jsou rozmístěné jímací tyče ve vzdálenosti 14 m, tak aby zaručovaly ochranný prostor i po posuvu valící se koule, který činí $x = 0,36$ m dle tabulek z [N2]. Jímací tyče JT 2000 výšky 2 m jsou hliníkové a ukotvené v betonovém podstavci. Opět musí být zaručena dostatečná pevnost a stabilita. Jímací tyče tvoří ochranný prostor jednak pro FV moduly (dle metody valící se koule) a jednak pro vysokonapěťové vodiče HVI (200 kA, vlna 10/350 μ s a 0,25/100 μ s), které budou použity pro části svodů. Příčné spoje okružního vedení jsou zde instalovány pouze pro rozdělení bleskového výboje od jímacích tyčí a nehrozí přímý úder do těchto spojů. Odpor jímací soustavy byl změřen a je $< 1 \Omega$ [N1].



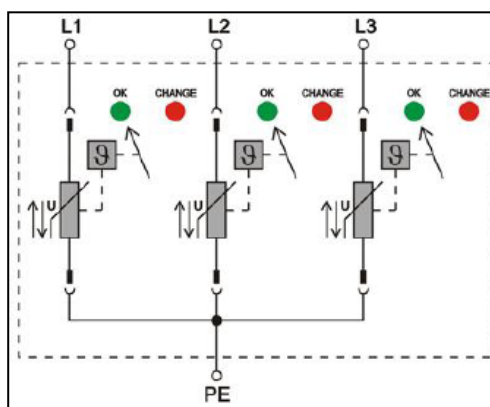
Obr. č. 59.: Boční pohled na jímací soustavu a zobrazení posunutí valící se koule mezi dva jímače

Návrh přepět'ových ochran:

Jímací soustava bude doplněna ve vytypovaných místech přepět'ovými ochranami pro vyrovnání potenciálů.



Obr. č. 60.: Svodič bleskových proudů PU I 3 280V/12,5 kA pro střídavé obvody testovaný zkušební vlnou (10/350 μ s) [O24]



Obr. č. 61.: Schéma zapojení svodiče bleskových proudů PU I 3 280V/12,5 kA [O24]

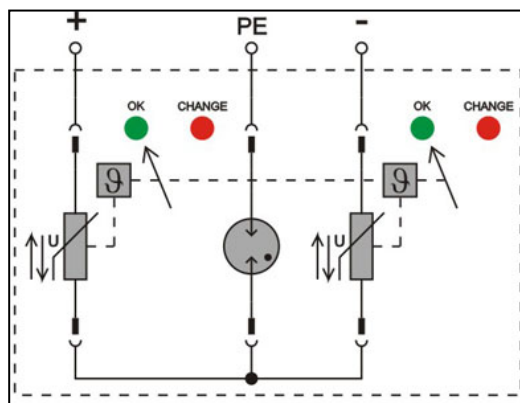
V rozvodnici STR umístěné na střešních prostorách bude instalován do hvězdy svodič bleskových proudů PU I 2+1 (10/350 μ s) 700 V DC /12,5 kA (T1), který nám zabrání vniknutí bleskového výboje do technické místnosti, buďto naindukováním na DC vedení, případně úderu blesku do blízkého okolí objektu. Skládá se ze dvou varistorů a jednoho jiskřiště. Odvod bleskových proudů bude proveden vodičem CYA 6 mm² a bude směřovat do ekvipotenciální přípojnice EP umístěné vně objektu.

Do rozvodnice RDC v technické místnosti bude instalován svodič přepětí PU II 3 8/20 μ s 385V/40 kA (T2). Tento svodič nám bude chránit před zbytkovými naindukovanými výboji střídač. Jeho konstrukce se skládá ze tří varistorů a bude zapojen rovněž do hvězdy. Zapojením do hvězdy dosáhneme, proti každému pólu mezi sebou a každému pólu proti zemi hodnotu 770 V, která je dostačující pro naši instalaci. Odvody naindukovaných proudů budou také směřovat do ekvipotenciální přípojnice EP. Samotný střídač má v sobě také svodiče přepětí třídy (T3), které zachycují ty nejnižší hodnoty naindukovaných výbojů a tím chrání toto zařízení také před poškozením.

Rozvodnice RAC bude obsahovat svodič bleskových proudů PU I 3 280 V/12,5 kA testován zkušební vlnou 10/350 μ s. Tento svodič nám bude chránit elektronické zařízení ze strany distribuční sítě. Svod bleskového proudu bude proveden vodičem CYA 16 mm² a bude směřovat do hlavní ochranné přípojnice HOP objektu. Ve stávající rozvodnici RH+RE je také již stávající ochrana proti bleskovým proudům.



Obr. č. 62.: Svodič bleskových proudů PU 2+1 700V/12,5 kA pro stejnosměrné obvody testovaný zkušební vlnou (10/350 μ s) [O24]



Obr. č. 63.: Schéma zapojení svodiče bleskových proudů PU 2+1 700V/12,5 kA [O24]

Zemní soustava:

Stávající zemní soustava je vyhotovena jako základový zemnič. Na objektu byla provedena doplňující zemní soustava, okolo celého objektu plochým vodičem FeZn 30 x 4 mm jako strojený zemnič. Tento vodič je uložen ve výkopu 300 x 800. Svod z jímací soustavy na zemní soustavu proveden vodičem FeZn Ø 8 mm. Spoje jsou provedeny univerzální svorkou US. Při průniku vody do spojů vzniká koroze, která velmi závažným způsobem narušuje celkový odpor zemní soustavy, proto jsou veškeré spoje naťeny speciálním izolačním asfaltem pro zajištění kvalitní izolace spojů a tím zaručení odporu celé soustavy v předepsaných mezích. Odpor celé soustavy je < 1 Ω .

5.2.14 Vyhotovení projektové dokumentace

Nyní jsme dokončili projektovou přípravu stavby a na jejichž základech vyhotovíme projektovou dokumentaci.

Tato dokumentace bude obsahovat:

- ❖ situační schéma umístění a popisu objektu, rozvržení FV generátoru na střešních prostorech, technické místnosti a jímací soustavy včetně doplňujících schémat;
- ❖ schéma návrhu konstrukcí;
- ❖ blokové schéma FV systému;
- ❖ jednopólové schéma FV systému;
- ❖ schéma zapojení FV systému;
- ❖ technickou zprávu a v ní obsažený protokol o určení vnějších vlivů;
- ❖ analýzu rizik - návrh ochrany před bleskem;
- ❖ výpočty dimenzování DC a AC strany pomocí výpočtového softwaru;
- ❖ výchozí revize FV systému a ochrany před bleskem;
- ❖ protokol o nastavení frekvenčních a napěťových ochran;
- ❖ protokol o cejchu měřicího zařízení pro měření vyrobené energie;
- ❖ statický posudek;
- ❖ technické listy použitých zařízení;

5.3 Připojení výroby k distribuční síti

5.3.1 Stanovisko k žádosti o připojení k DS ČEZ Distribuce, a.s.

Po vyhotovení projektové dokumentace začneme s další částí této projektové přípravy, která bude určovat, jakým způsobem bude FVS připojen, k DS a zdali to síť vůbec umožňuje. Případně co je nutno provést, aby bylo možné FVS vůbec realizovat a připojit ho k DS. S tímto je už dopředu nutno počítat. Jelikož PDS může mít určité výhrady k velikosti instalovaného výkonu FVS či úpravy měřících zařízení.



DOTAZNÍK PRO VLASTNÍ VÝROBU

(tento dotazník je nedílnou součástí Žádosti o připojení výroby elektřiny k DS)

NAPĚTOVÁ HLADINA ☒ NN ☐ VN ☐ VVN

PROVOZOVATEL DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY (dále jen PDS)
ČEZ Distribuce, a.s. Děčín IV – Podmokly, Teplická 874/8, PSČ 405 02 | IČ 24729035 | DIČ CZ24729035 | zapsána v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Ústí nad Labem, oddíl B., vložka 2145 | licence na distribuci elektřiny č. 121015583 | registrační číslo u OTE: 715 | info@cezdistribuce.cz | www.cezdistribuce.cz | Zákaznická linka 840 840 840

D

VÝROBCE ELEKTŘINY (DÁLE JEN VÝROBCE)		LICENCE NA VÝROBU ELEKTŘINY Č. ¹⁾		REGISTRACE OTE Č. ²⁾	
JMÉNO A PŘÍJMENÍ / OBCHODNÍ FIRMA	Petr Vílkus			ZÁK. ČÍSLO ¹⁾	
DATUM NAROZENÍ	xx.xx.xxxx	IČ	xxxxxxxx	DIČ CZ xxxxxxxx	
ADRESA MÍSTA TRVALÉHO POBYTU / SÍDLA SPOLEČNOSTI / MÍSTO PODNIKÁNÍ					
ULICE / OSADA	Sluneční	Č. P. / Č. O.	xxx/xx	PSČ xxx xx	
OBEC	xxxxxxx	MÍSTNÍ ČÁST			
ZAPSANÁ V OR VEDENÉM		ODDÍL		VLOŽKA Č.	
PŘEDMĚT PODNIKÁNÍ	Montáž, opravy, revize a zkoušky elektrických zařízení				

Obr. č. 64.: Dotazník pro vlastní výrobu [O25]

Dokumenty potřebné k získání stanoviska PDS:

- ❖ žádost o připojení výroby k DS;
- ❖ dotazník pro vlastní výrobu;
- ❖ souhlas obce s výstavbou;
- ❖ výpis z živnostenského rejstříku u fyzických osob;
- ❖ výpis z katastru nemovitostí - list vlastnictví;
- ❖ katastrální snímek s vyznačením místa výroby;

Na základě těchto dokumentů, nám PDS do 30 kalendářních dnů zašle stanovisko k žádosti o připojení výroby. V našem případě žádost o rezervaci 14 kW, dopadla úspěšně. PDS nám schválil připojení FV systému k distribuční síti bez jakýchkoliv připomínek.

Toto stanovisko bude určovat:

- ❖ zdali je možné uskutečnit připojení výroby či nikoli;
- ❖ jak velký výkon FV generátoru je možné v dané lokalitě realizovat;
- ❖ jak musí být upraveno měřicí zařízení a jeho prvky;
- ❖ důležitá upozornění odkazující na PPDS;
- ❖ průběh činností PDS po realizaci FV systému (zkoušky, zkušební provoz, použití ochranných, jisticích a bezpečnostních prvků)
- ❖ jaké dokumenty, doklady a informace bude třeba dodat před připojením výroby k DS;

Platnost tohoto stanoviska je jeden rok od doby podání požadavku na připojení nové výroby.

SPECIFIKACE VÝROBNY (PŘEDÁVACÍHO MÍSTA)		ČÍSLO PŘEDÁVACÍHO MÍSTA		XXXXXXX	
ADRESA PŘEDÁVACÍHO (POPŘ. ODBĚRNÉHO) MÍSTA		NÁZEV VÝROBNY	FVE Petr Vilkus		
ULICE / OSADA	Sportovní	Č. P. / Č. O. 3	326/1	PSČ	747 20
OBEC	Vřesina	MÍSTNÍ ČÁST			
KATASTRÁLNÍ ÚZEMÍ	Vřesina u opavy - 786 691	Č. PARCELNÍ	831/5		
DALŠÍ ÚDAJE					
STÁVAJÍCÍ INSTALOVANÝ VÝKON VÝROBNY ⁴	0 kW	POŽADOVANÝ INSTALOVANÝ VÝKON VÝROBNY ⁴	14 kW		
STÁVAJÍCÍ REZERVOVANÝ VÝKON PRO VÝROBU ⁴	0 kW	POŽADOVANÝ REZERVOVANÝ VÝKON PRO VÝROBU ⁴	0,5 kW		
STÁVAJÍCÍ REZERVOVANÝ PŘÍKON PRO SPOTŘEBU ⁴	0 kW	POŽADOVANÝ REZERVOVANÝ PŘÍKON PRO SPOTŘEBU ⁴	15 kW		
STÁVAJÍCÍ HLAVNÍ JISTIČ PŘED ELEKTROMĚREM ⁵	50 A	POŽADOVANÝ HLAVNÍ JISTIČ PŘED ELEKTROMĚREM ⁵	50 A		
POŽADAVEK NA ZVÝŠENOU SPOLEHLIVOST DODÁVKY ⁶	<input type="checkbox"/> ANO <input checked="" type="checkbox"/> NE				
DRUH VÝROBNY					
<input type="checkbox"/> TEPLÁRNA	<input type="checkbox"/> BIOPLYNOVÁ	<input type="checkbox"/> DŘEVOPLYNOVÁ	<input checked="" type="checkbox"/> FOTOVOLTAICKÁ	<input type="checkbox"/> KOGENERAČNÍ	<input type="checkbox"/> NAFTOVÁ
<input type="checkbox"/> PARNÍ	<input type="checkbox"/> PAROPLYNOVÁ	<input type="checkbox"/> VODNÍ	<input type="checkbox"/> VĚTRNÁ	<input type="checkbox"/> SPALOVNA	<input type="checkbox"/> ZEMNÍ PLYN
			<input type="checkbox"/> JINÁ		
ZPŮSOB PROVOZU VÝROBNY	<input checked="" type="checkbox"/> PŘEBYTKY DO DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY		<input type="checkbox"/> OSTROVNÍ PROVOZ	<input type="checkbox"/> CELÁ VÝROBA DO DS	
POŽADOVANÝ TERMÍN PŘIPOJENÍ ⁷	OD 10. 4. 2011 DO 31. 4. 2011		NEJVYŠŠÍ NAPĚŤOVÁ HLADINA VÝROBNÍHO ZAŘÍZENÍ	0,4 kV	
DRUH KOMPENZACE ⁸	<input type="checkbox"/> CENTRÁLNÍ	<input type="checkbox"/> SKUPINOVÁ	<input type="checkbox"/> INDIVIDUÁLNÍ	<input type="checkbox"/> JINÁ	VÝKON
				kVAr	

Obr. č. 65.: Žádost o připojení výroby elektřiny k DS [O25]

5.3.2 Realizace fotovoltaického systému

Nyní můžeme začít s realizací FV systému [N3].

Postup bude zahrnovat tyto činnosti:

- ❖ provedení nastavení frekvenčních a napěťových ochran autorizovanou společností;
- ❖ osazení veškerých rozvodnic jisticími a ochrannými prvky;
- ❖ provedení uzemnění přídavného strojeného zemniče;
- ❖ realizace nosného systému Schletter, drátových žlabů Cablofil a usazení rozvodnice STR;
- ❖ osazení nosného systému FV moduly CSI CS6P 230;
- ❖ příprava technické místnosti pro usazení rozvodnic RDC, RAC a střídače INV a jejich usazení;
- ❖ natažení DC vedení, pospojování modulů do smyček a zavedení toto vedení do rozvodnice STR;
- ❖ natažení DC vedení do RDC rozvodnice a z ní do střídače,
- ❖ provedení celkového připojení všech zařízení na AC straně;
- ❖ vyhotovení oddálené jímací soustavy a svodů;
- ❖ výchozí revize - FV systému a stávající přípojky;
- ❖ výchozí revize - mimořádné ochrany před bleskem;

5.3.3 Licence pro podnikání v energetických odvětvích pro fyzické osoby

Jedna z nejdůležitějších instancí je Energetický regulační úřad. Abychom se mohli stát výrobcí elektrické energie, je zapotřebí mít pro tuto činnost určitá oprávnění, jaká jsou v tomto případě licence pro podnikání v energetických odvětvích - výroba elektrické energie. Pro získání této licence je třeba splňovat určité požadavky a poskytnout Energetickému regulačnímu úřadu informace a dokumenty.

Dokumenty, které je třeba odevzdat jsou:

- ❖ formulář - žádost o udělení licence pro podnikání v energetických odvětvích pro FO;
- ❖ formulář - údaje pro informace z Rejstříku trestů;
- ❖ formulář - seznam jednotlivých provozoven;
- ❖ formulář - příloha č. 13 k vyhlášce č. 426/2005 Sb. k žádosti o udělení licence pro výrobu elektřiny - výroba elektřiny z OZE;
- ❖ formulář - dohoda o užívání stavební části výroby elektřiny;
- ❖ doklad o vlastnictví FV systému - smlouva o dílo - investor a zhotovitel;
- ❖ doklad o předání stavby před připojením - předávací protokol - investor a zhotovitel, určující prozatímní předání realizační části, další předávací protokol se bude vztahovat na celkové předání po připojení k distribuční síti PDS a uvedení do provozu;
- ❖ výchozí revize - FV systému a stávající přípojky;
- ❖ výchozí revize - mimořádné ochrany před bleskem;
- ❖ výpis z živnostenského rejstříku u fyzických osob;
- ❖ výpis z katastru nemovitostí - list vlastnictví;
- ❖ katastrální snímek

Na formulář „udělení licence pro podnikání v energetických odvětvích pro FO“ je třeba koupit kolek dle zákona č. 634/2004 Sb. v hodnotě 1000 Kč. Nyní všechny tyto dokumenty zašleme na

adresu Energetického regulačního úřadu. Erú má na vyřízení licence 30 kalendářních dnů a v případě nejasností nás kontaktují na kontaktní e-mail.

Získali jsme licenci na výrobu elektřiny. Tato licence nabude právní moci patnáct dnů od data vydání této licence. Po nabytí právní moci se stáváme Výrobci elektřiny a poslední část na zdárné dokončení této stavby, je připojení k DS.

ŽÁDOST O UDĚLENÍ licence pro podnikání v energetických odvětvích pro fyzické osoby		
<small>Níže podepsaná osoba žádá podle § 7 zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů, o udělení licence pro podnikání v energetických odvětvích.</small>		
ŽADATEL:		
04 Titul před jménem	05 Příjmení	
<input type="text"/>	<input type="text" value="Vilkus"/>	
06 Jméno	07 Titul za jménem	08 Státní občanství
<input type="text" value="Petr"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="ČR"/>
09 Obchodní firma, je-li žadatel zapsán v obchodním/živnostenském/jiném rejstříku		
<input type="text" value="Petr Vilkus"/>		

Obr. č. 66.: Žádost o udělení licence pro podnikání v energetických odvětvích pro FO [O26]

5.3.4 Připojení výrobní s instalovaným výkonem 14 kW k DS

Připojení výrobní je ve své podstatě poslední krok k úspěchu při realizaci FV systému. U větších FV systémů se mohou vyskytnout další kroky, jako jsou např.: zkušební provoz, měření zpětných vlivů a teprve poté vystaví PDS protokol o uvedení výrobní do provozu. Našeho případu se toto netýká. Veškeré požadavky PDS ohledně připojení jsou uvedeny ve stanovisku o připojení výrobní k DS popřípadě v PPDS. Pro připojení FV elektrárny do výkonu 30 kW k distribuční síti nn 0,4 kV PDS ČEZ Distribuce, a.s. je nutné mít připraveny tyto podklady, dokumenty a informace.

- ❖ žádost o uzavření smlouvy o podpoře výroby elektřiny
- ❖ žádost - smlouva o připojení výrobní elektřiny k distribuční soustavě, žádost - smlouva o sdružených službách dodávky elektřiny;
- ❖ uzavřená smlouva o připojení;
- ❖ stanovisko ČEZ Distribuce, a.s., k žádosti o připojení;
- ❖ odsouhlasená projektová dokumentace PDS;
- ❖ licence na výrobu elektrické energie;
- ❖ oznámení o výběru formy podpory výroby elektřiny;
- ❖ předání údajů o předpokládaném ročním množství elektřiny vyrobené ve Výrobně;
- ❖ předávací protokol mezi Výrobce a dodavatelem technologické části;
- ❖ protokol o provedení cejchu podružného měřicího zařízení výrobní;
- ❖ platná zpráva o revizi elektrického zařízení výrobní a jímací soustavy;
- ❖ projektová dokumentace odpovídající skutečnému provedení Výrobní;
- ❖ protokol o nastavení ochrany;
- ❖ živnostenský list u podnikatelů - fyzických osob
- ❖ plnou moc osoby zastupující Výrobce - provozovatele



Smlouva o připojení výrobní elektřiny k distribuční soustavě nízkého napětí (nn)

Číslo smlouvy: xxxxxxxxxx

Smluvní strany

1) Provozovatel distribuční soustavy

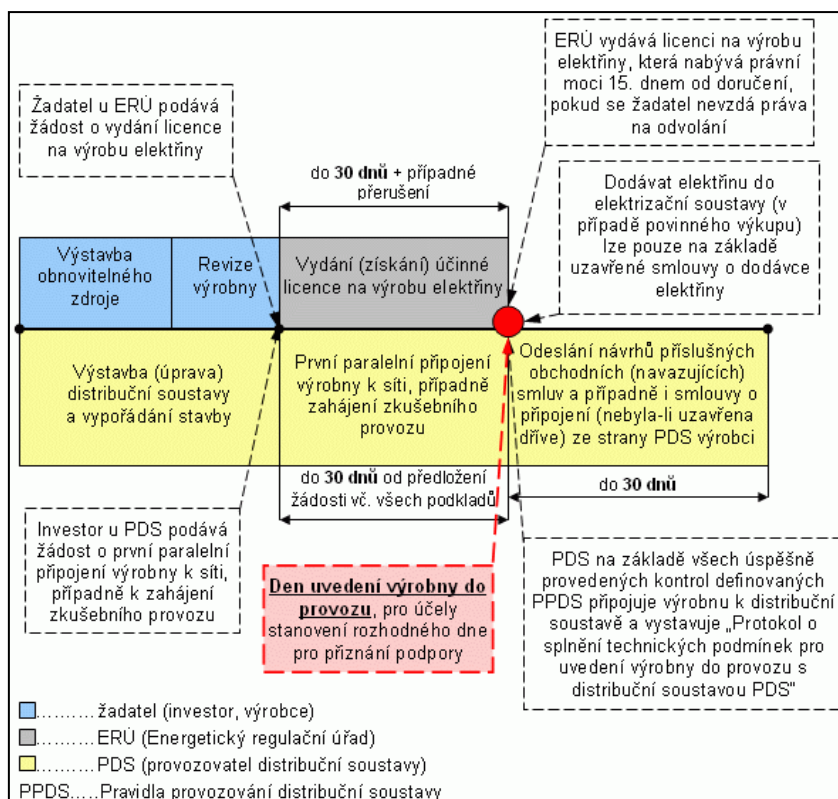
ČEZ Distribuce, a.s.,

Zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Ústí nad Labem, oddíl B, vložka 1704
s předmětem podnikání - distribuce elektřiny na základě licence č. 120604641, registrační číslo u OTE 715
Děčín 4, 405 02, Teplická 874/8, IČ: 27232425 DIČ: CZ27232425

Obr. č. 67.: Smlouva o připojení k distribuční síti ČEZ Distribuce, a.s. [8] *)

Připojení výrobní bude uskutečněno do 30 dnů od odeslání veškerých potřebných dokumentů poskytovateli DS ČEZ Distribuce, a.s.

Fotovoltaická elektrárna byla připojena k DS ČEZ Distribuce, a.s.



Obr. č. 68.: Harmonogram připojení k DS [8]

*) Veškeré použité smluvní dokumenty byly použity a upraveny za souhlasu zástupce za PDS ČEZ Distribuce, a.s. - Ostrava, ul. Nádražní, technikem poskytování sítí panem Ing. Ivanem Šperlínem na základě telefonního rozhovoru.

6. Závěrem

Záměrem této diplomové práce bylo přiblížení problematiky fotovoltaických systémů jako celků, které nám mohou usnadnit zajištění stále více potřebné elektrické energie, která je stále dražší a dle všech předpokladů a energetických analýz se bude dále navyšovat.

V této práci byl uveden ucelený přehled všech předpisů a zákonů týkajících se přípravy stavby, provozování elektrárny. Tato práce tak může sloužit jako průvodce legislativou, teorií i praxí potřebnou pro vlastní realizaci FV zdroje.

Výrobu elektrické energie z fotovoltaických systémů, budou v blízké budoucnosti zajišťovat systémy instalované na střešních prostorách obytných, výrobních či skladových budov. Výroba elektrické energie z fotovoltaických systémů je sice problematická z důvodu, že není dodávána stabilně, jelikož její výroba je závislá na podmínkách podnebí, a sice množství elektromagnetického záření dopadajícího ze Slunce na Zemi. FV systémy jsou zdroje elektrické energie, které vnášejí do elektrizační soustavy určité výrobní odchylky. Respektive jejich nestabilita, může vytvořit takové stavy, kdy nabídka elektrické energie může být vyšší než její poptávka a v horším případě může být poptávka vyšší než nabídka, což musí být zabezpečeno záložními zdroji elektrické energie. Tento problém by však vyřešila účinná akumulace elektrické energie z FV systémů, která je v dnešní době stále velmi finančně náročná.

Bude zapotřebí tento problém velice rychle řešit, jelikož fosilní zdroje již velice rychle ubývají a jsou neekologické a jaderné palivo je sice ještě na poměrně dlouhou dobu zajištěno cca. 270 let, ale co s vyhořelým radioaktivním odpadem, který je velice nebezpečný.

Ač mají FV systémy také mnoho nevýhod, bude třeba se zaměřit na kombinaci FV systémů se systémy malých větrných elektráren, kogeneračních jednotek a tepelných čerpadel. Tyto sestavy jsou zatím ještě relativně drahé a každý si nemůže dovolit výstavbu takových to tzv. hybridních systémů, avšak již brzy toto bude možné. Vše bude záviset na vývoji, počtu vyrobených produktů, zabýváním se této problematikou širokou veřejností, které to musí objasnit osoby k tomu odborně a technicky zdatné a do dané problematiky jsou zainteresováni - elektroenergetici.

Teoretická část této práce se převážně zabírala rozбором těchto systémů z hlediska jejich historie, používaných typů a jejich zapojení, objasnění fyzikálního principu transformace elektromagnetického záření na elektrickou energii a způsob jak umístit FV systém do prostoru v závislosti na dosažení co nejpríznivějších podmínek, za pomoci zvláštního geografického informačního systému PVGIS.

V rámci legislativy je zde uvedeno několik různých případů, které nastávají při umístění FV systému do určitých prostor a postoj státu jakožto úředního orgánu, který vydává kladná či záporná stanoviska. Jak z pohledu stavebního - výstavby, umístění, ekologie, tak i z pohledu energetického - dostatečný prostor pro přenos a rozvod v DS, kvalita vyrobené elektrické energie, dodržení všeobecné bezpečnosti a legální výrobu na základě licenčních oprávnění.

Závěrečná praktická část je věnována vlastnímu návrhu FV systému o velikosti 14 kW spadající do oblasti drobných zdrojů určených především pro zásobování elektrickou energií daný objekt na kterém je FV systém realizován a je určen pro zásobování jeho elektrotechnologických částí. Ve své podstatě veškerá vyrobená elektrická energie bude spotřebována v reálném objektu a v určitých situacích budou přebytky poskytnuty dalším účastníkům distribuční soustavy. FV systém bude umístěn na střešních

prostorách - plochá střecha obdélníkového tvaru. Střešní prostory jsou zcela nezastíněné a uložený systém bude pod sklonem 30° a azimutem 0° J. Projektová dokumentace zahrnuje z hlediska realizačního a projekčního: návrh FV generátoru, koncepci střídače, dimenzování vedení a připojení k elektrizační soustavě PDS. Návrh ochrany před bleskem bude určen na základě analýzy rizika a realizován dle dostupných technických požadavků. Dále jsou zde představeny návrhy nosných konstrukcí a přiblížení statického výpočtu. Každá část této projektové dokumentace je samostatně rozkreslena na několik částí. Výpočty, návrhy a dimenzování vedení a jištění jsou provedeny pomocí výpočtových metod a softwaru. Součástí této práce jsou také přiloženy specimény veškerých potřebných dokumentů a zpráv, které podkládají tuto projektovou dokumentaci jak z hlediska technického, tak z hlediska legislativního a smluvního.

FV systém je navržen pro reálný objekt, který slouží jako rekreační zóna v obci Vřesina, avšak výhledově není možné započít stavbu tohoto systému z důvodu „stop stavu“ PDS ČEZ Distribuce, a.s. a protože objekt nemá kladně vyřízené stanovisko pro připojení k DS, není dostatek financí ze strany obce a není dočasně žádný investor, který by tuto stavbu finančně podpořil. Můžeme jen doufat, že se co nejdříve dočkáme opětovného povolování výstavby malých FV systému pro vlastní spotřebu.

Použitá literatura

Legislativa

- [L1] Zákon č. 183/2006 Sb. ze dne 14. března 2006 o územním plánování a stavebním řádu Stavební zákon. [on line],
URL: < <http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/zakony.html>>
- [L2] Zákon č. 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000, který pojednává o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů - Energetický zákon. [on line], URL: < <http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/zakony.html>>
- [L3] Zákon č. 180/2005 ze dne 31. března 2005 o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o znění některých zákonů. [on line],
URL: < <http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/zakony.html>>
- [L4] Vyhláška Erú č. 81/2010 Sb. z 23. března 2010, kterou se mění vyhláška Erú č. 51/2006 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě. [on line],
URL: < <http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/vyhlaskey.html>>
- [L5] Cenové rozhodnutí Erú č. 2/2010 ze dne 8. listopadu 2010, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z OZE, KVET a druhotných energetických zdrojů. [on line],
URL: < <http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/cenova-rozhodnuti.html> >

České technické normy

- [N1] ČSN EN 62305-1 až 3: Ochrana před bleskem - obecné principy, řízení rizika, hmotné škody na stavbách a nebezpečí života
- [N2] TNI 34 1390: Ochrana před bleskem - komentář k souboru norem ČSN EN 62305-1 až 4
- [N3] ČSN 33 2000-3: Elektrická zařízení - stanovení základních charakteristik,
ČSN 33 2000-4-41: Elektrická instalace nn - ochrana před úrazem el. proudem,
ČSN 33 2000-4-481: Výběr opatření na ochranu před úrazem elektrickým proudem podle vnějších vlivů,
ČSN 33 2000-5-51 ed.2: Výběr a stavba elektrických zařízení - všeobecné předpisy
ČSN 33 2000-5-523 ed.2: Dovolené proudy v elektrických rozvodech
ČSN EN 61082-1: Zhotovování dokumentů používaných v elektrotechnice,
ČSN 33 2000-7-712: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - solární fotovoltaické (PV) napájecí systémy,

Publikace, software a obrazové materiály

- [1] BERANOVSKÝ, J.; Murtinger, K.; Tomeš, M.: *Fotovoltaika - Elektřina ze slunce.*, Praha 7: Era, 2008, 2. vydání, ISBN: 978-80-7366-133-5
- [2] MACH Veleslav.: *Fotovoltaika*, Ostrava:Katedra EEN, VŠB-TU Ostrava, TINLIB, 2003-1-14

- [3] HASELHUHN Ralf.: *Fotovoltaika. Budovy jako zdroj proudu*. Překlad Václav Losík; Graficky zpracovala Iveta Kubicová; Redigoval Miroslav Hrdina, Ostrava: HEL, 2010, 1. české vydání, ISBN: 978-80-86167-33-6
- [4] KRÍŽ Michal.: *Dimenzování a jištění elektrických zařízení: tabulky a příklady*. Praha: IN-EL, 2008, ISBN: 978-80-86230-46-7
- [5] MOTLÍK, J.; ŠAMÁNEK, L.; a kolektiv.
Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR.
URL: <<http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani.html>>
- [6] MASTRONARDI, Federico.: *Aurora - Strídač pro fotovoltaické systémy* [provozní příručka]. Rev.: 1.2; Vydání: 7/2009
- [7] ROSSI, Antonio.: *Aurora Designer* [počítačový program]. Ver. 3. 8. 2., 1/2011, [on line]
Pomocný program při návrhu a dimenzování FV systému.
URL: <<http://www.power-one.com/renewable-energy>>
- [8] *Archivní dokumenty: výchozí revize, statické posudky, smluvní dokumenty*.
Vřesina: Elprom Service s.r.o., Rok 2010/2011
- [9] FRONIUS International GmbH. *Fronius Solar.configurator*
[počítačový program]. Ver. 2. 4., [on line], 2010, Pomocný program při návrhu a dimenzování FV systému. URL: <<http://www.fronius.com>>
- [10] KYKAL Pavel.: *Zpravodaj OEZ* [online], Vydání: 1/2010, URL: <<http://www.oez.cz/file/404>>
- [11] GURECKÝ, Jiří.: *Elektroenergetika – návody do cvičení*, Skripta VŠB-TU Ostrava, 2000, ISBN: 80-7078-758-9 (brož.)
- [12] HUBALEK, Adolf. - FALTUS, Ivo. a kolektiv společnosti OEZ s.r.o.: *Sichr*
[počítačový program], Ver. 10. 01. 2010 [on line], Výpočtový program sloužící k návrhu a kontrole paprskových sítí TN-C , TN-C-S a IT sítí bez vyvedeného středního vodiče ve všech obvyklých napěťových hladinách. URL: <<http://www.oez.cz/sluzby/vypoctovy-program-sichr>>
- [13] VOHRADSKÝ, Luděk a kolektiv REMA s.r.o. email: *Re: Výpočet rizika - FTV Vřesina*. 22. března 2011. <ludek.vohradsky@seznam.cz> Ochrana před bleskem - Management řízeného rizika, za použití: DEHNsupport Toolbox 10/50 [počítačový program] Ver. 2.042
- [14] EUROPEAN COMMUNITIES, *Solar radiation (Europe) in PVGIS* [on line]
Rok: 2001-2008, Překlad z anglického originálu: Jakub Vilkus
URL: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/solres/solrespvgis.htm>>
- [O1] Obrázek č. 1. [on line],
URL: <<http://www.czechsolar.cz/fotovoltaika/z-historie-fotovoltaiky/#becquerel>>
- [O2] Obrázek č. 2. [on line],
URL: <<http://www.czechsolar.cz/fotovoltaika/z-historie-fotovoltaiky/#czochralski>>
- [O3] Obrázek č. 3. [on line],
URL: <<http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani.html>>
- [O4] Obrázek č. 4. [on line],
URL: <<http://www.aldebaran.cz/astrofyzika/sunsystem/images/slunce/heliosfera.gif>>

- [O5] Obrázek č. 5. [on line], URL: <<http://hvr.cz/slunce/navod/2/>>
- [O6] Obrázek č. 6. [on line],
URL: <http://www.czrea.org/files/images/OZE/FV_slunecni_spektrum.jpg>
- [O7] Obrázek č. 7. [on line],
URL: <http://www.osram.cz/osram_cz/SVTELN_DESIGN/O_svtle/>
- [O8] Obrázek č. 8. [on line],
URL: <<http://www.askmeaboutgreen.com/wp-content/uploads/2010/06/solar-radiation.gif>>
- [O9] Obrázek č. 9. [on line], URL: <<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>>
- [O10] Obrázek č. 10. [on line],
URL: <<http://fyzmatik.pise.cz/12573-cim-je-zpusoben-pokles-teploty-v-troposfere.html>>
- [O11] Obrázek č. 11, 12. [on line], URL: <<http://pl.wikipedia.org/wiki/Pyranometr>>
- [O12] Obrázek č. 13. [on line], URL: <<http://www.nemakej.cz/fotovoltaicky-clanek.php>>
- [O13] Obrázek č. 14. [on line],
URL: <<http://solarninovinky.cz/2010/admin/editor/upload/1273524931.jpg>>
- [O14] Obrázek č. 15. [on line], URL: <<http://www.zdroje-energie.cz>>
- [O15] Obrázek č. 16. [on line], URL: <http://www.solarenavi.cz/img_content/article004_03.jpg>
- [O16] Obrázek č. 17. [on line],
URL: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/Image/2009/0901/65_prvky.jpg>
- [O17] Obrázek č. 18. [on line], URL: <https://powertraveller.com/uploads/Image_16.2.jpg>
- [O18] Obrázek č. 19. [on line],
URL: <<http://files.ratiko.webnode.cz/200000457-969e097979/vykup1mal.gif>>
- [O19] Obrázek č. 20. [on line],
URL: <<http://files.ratiko.webnode.cz/200000459-e3fcde4f6d/vykup2mal.gif>>
- [O20] Obr. č. 27. [on line], URL: <<http://maps.google.cz/maps?ct=reset>>
- [O21] Obr. č. 28, 29. [on line],
URL: <<http://www.canadiansolar.com/en/products/standard-modules/cs6-series.html>>
- [O22] Obr. č. 46. [on line], URL: <<http://draka.cz/cs/vyrobky-a-sluzby/katalog-produktu>>
- [O23] Obr. č. 48., 49. [on line],
URL: <http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ks/1323-Z01-10_CZ_SK.pdf>
- [O24] Obr. č. 60., 61., 62., 63. [on line],
URL: <http://www.weidmueller.com/54565/Products/Product-Range/cw_index.aspx>
- [O25] Obr. č. 64, 65. [on line],
URL: <<http://www.cezdistribuce.cz/cs/formulare/vyrobnny-elektriny.html>>

[O26] Obr. č. 66. [on line], URL: <http://eru.cz/dias-read_article.php?articleId=222>

[O27] Obr. č. 68. [on line], URL: <<http://www.cezdistribuce.cz/cs/eradce/uvedeni-obnovitelneho-zdroje-energie-do-provozu-a-priznani-naroku-na-podporu.html>>

Seznam příloh

- I. Technická zpráva
- II. Analýza rizik - návrh ochrany před bleskem
- III. Výpočet dimenzování AC strany FVS programem Sichr ver. 10
- IV. Výpočet dimenzování DC strany FVS programem Aurora Designer ver. 3. 8. 4.
- V. Projektová dokumentace FV elektrárny 14 kW
 - V. A) Popis objektu
 - V. B) Střešní prostory - rozmístění zařízení
 - V. C) 1. NP - rozmístění zařízení
 - V. D) Návrh nosné konstrukce
 - V. E) Blokové schéma
 - V. F) Jednopolové schéma
 - V. G) Schéma zapojení
 - V. H) Zemnicí a jímací soustava
 - V. I) Zemnicí a jímací soustava 3D model
 - V. J) Model zemnicí a jímací soustavy okraj - valící se koule
 - V. K) Model zemnicí a jímací soustavy střed - valící se koule
- VI. Smlouva o připojení výroby k DS
- VII. Dotazník pro vlastní výrobu
- VIII. Žádost o připojení výroby k DS
- IX. Žádost o uzavření smlouvy o podpoře výroby elektřiny
- X. Žádost - smlouva o připojení výroby elektřiny k distribuční soustavě
- XI. Žádost - smlouva o sdružených službách dodávky elektřiny
- XII. Plnou moc osoby zastupující Výrobce - provozovatele
- XIII. Stanovisko ČEZ Distribuce, a.s., k žádosti o připojení
- XIV. Odsouhlasená projektová dokumentace PDS
- XV.
 - 1) Licence na výrobu elektřiny
 - 2) Žádost o udělení licence pro podnikání v energetických odvětvích pro FO
 - 3) Údaje pro informace z Rejstříku trestů
 - 4) Seznam jednotlivých provozoven
 - 5) Příloha č. 13 k vyhlášce č. 426/2005 Sb.

- 6) Dohoda o užívání stavební části výroby elektřiny
- XVI. Oznámení o výběru formy podpory výroby elektřiny z OZE
- XVII. Souhlas obce s výstavbou FV elektrárny
- XVIII.
 - 1) Smlouva o dílo - investor a zhotovitel
 - 2) Výpis z katastru nemovitostí - list vlastnictví
 - 3) Katastrální snímek s vyznačením místa výroby
 - 4) Protokol o provedení cejchu podružného měřicího zařízení výroby
 - 5) Protokol o nastavení ochran
- XIX. Zpráva o výchozí revizi elektrického zařízení
- XX. Zpráva o výchozí revizi mimořádné ochrany před bleskem
- XXI. Technické listy použitých zařízení v objektu
- XXII. Statický výpočet